

3100097009202

TUGAS AKHIR (NA 1701)

PREDIKSI TAHANAN KAPAL SWATH DENGAN PERHITUNGAN NUMERIK

RSke
623.848
Mis
p-1
1996



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. T...	12 SEP 1996
P.	H
R.	6482

OLEH :

MOHAMMAD NURUL MISBAH
NRP. 491.410.0408

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 24 /PT12.FTK2/M/1995

Nama Mahasiswa : Moh. Nurul Misbah.....
Nomor Pokok : 4914100408.....
Tanggal diberikan tugas : 21 September 1995.....
Tanggal selesai tugas : 01 Maret 1996.....
Dosen Pembimbing : 1. DR. Ir. Eko Budi Dj. M.Sc.....
2. Digul Siswanto, M.Sc.....

Isian / judul tugas akhir yang diberikan :

REDIKSI TAHANAN KAPAL SWATH DENGAN PERHITUNGAN NUMERIK#

sOn

Embusan :

Yth. Dekan FTK-ITS.
Yth. Dosen Pembimbing.
Arsip.



Surabaya, 12 Oktober 1995
Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS

Sejitno
NIP. 130 532 029.

PROSES VERBAL UJIAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

- 1. Nama mahasiswa : Moh. Nurul Mishah
- 2. N.R.P. : 4914100408
- 3. Semester : ~~Casa IV~~ Genap *) 19 95 / 19 96
- 4. Hari / Tanggal : Selasa, 06 Agustus 1996
- 5. Waktu yang disediakan : 90 (sembilanpuluh) menit
- 6. Waktu ujian : Pukul 09.00 s/d Pukul 10.30
- 7. Tim penguji :

N a m a

Tanda Tangan

K e t u a : Ir. Mahardjo Wartono

Anggota 1. Ir. Eko Budi Djatmiko, Ph.D

2. Ir. Murdijanto, M.Eng

3. Ir. P. Adrianto

4. Digul Siswanto, M.Sc

8. Kejadian-kejadian penting selama ujian berlangsung :

9. Perbaikan yang harus dilakukan (maksimum 2 minggu) :

Surabaya, 06 Agustus 19 96
Ketua Tim Penguji

Ir. Mahardjo Wartono

*) = Coret yang tidak perlu

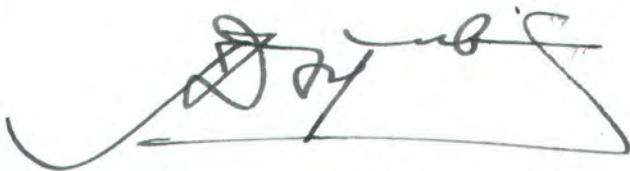
LEMBAR PENGESAHAN

Surabaya, 26 Juli 1996

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Eko Budi Djatmiko', with a long horizontal stroke extending to the left.

DR. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc
NIP. 130 355 299

A handwritten signature in brown ink, appearing to be 'Digul Siswanto', with a large loop on the left and a horizontal stroke at the bottom.

Digul Siswanto, M.Sc
NIP. 131 407 592

ABSTRAK

Meminimalkan tahanan kapal merupakan salah satu aspek yang diperhatikan dalam mendesain bentuk badan kapal, untuk mendapatkan nilai ekonomis yang tinggi. Untuk kapal SWATH bentuk ini meliputi bentuk hull dan strut. Beberapa bentuk hull dan strut yang telah dirancang dibandingkan tahanannya dengan memprediksi tahanan totalnya menggunakan perhitungan numeris dengan bantuan komputer, sebelum nantinya diprediksi dengan eksperimen menggunakan model. Dengan memakai metoda Chapman, tahanan gelombang hull dan strut dapat dihitung dengan mempresentasikan bentuk hull sebagai line source distribution sepanjang centreline dan strut sebagai plane source distribution pada bidang tengah. Sedang tahanan gesek dapat dihitung berdasarkan formula ITTC 1959. Dari beberapa perhitungan diperoleh hasil bahwa tahanan yang kecil dimiliki oleh kapal SWATH yang mempunyai hull dengan ujung berbentuk elips yang runcing dan sarat yang dalam dan mempunyai strut dengan bentuk parabola yang langsing dan sarat yang rendah.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Semesta Alam. Semoga sholawat dan salam tetap terlimpah pada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan seluruh pengikutnya. Kemudian penulis bersyukur kehadiran Allah SWT, yang hanya atas kehendak dan kuasa-Nya Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan dengan lancar.

Tugas Akhir dengan judul “ PREDIKSI TAHANAN KAPAL SWATH DENGAN PERHITUNGAN NUMERIK” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Kelautan Jurusan Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, guna melengkapi prasyarat kesarjanaan.

Selanjutnya penulis menyampaikan rasa terima kasih yang teramat dalam kepada :

- Bapak (alm), Ibu, Kakak dan Adikku yang telah memberikan dukungan moral maupun material sehingga penulis bisa menyelesaikan studi dengan lancar.
- Bapak Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc , selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
- Bapak Digul Siswanto, M.Sc , selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir.
- Bapak Ir. M. Bakri, selaku Dosen Wali.
- Bapak Ir. Soejitno, selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.
- Seluruh Staff Pengajar dan Karyawan FTK, khususnya Jurusan T.Perkapalan.
- Keluarga Ir. H. Abdullah Hidayat, SA.
- Keluarga H. Abdul Mukti.
- Ustadz Kuswandi HK dan seluruh Jamaah IHSAN
- Rekan-rekan P-31 , khususnya rekan Vidi Utomo Damayanto dan rekan Marsis Wahyu Santoso.

- Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis.

Akhirnya penulis hanya bisa berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca. Dan dengan kerendahan hati penulis menerima segala saran dan kritik untuk perbaikan tulisan ini,

Surabaya, 1 Agustus 1996

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan dan Manfaat	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Gambaran Umum Kapal SWATH	4
2.2. Studi Tahanan Kapal SWATH	7
2.2.1. Formulasi Kondisi Batas	9
2.2.2. Penentuan Potensial Kecepatan dengan Teorema Green	11
2.2.3. Tahanan Gelombang Berdasarkan Teori Momentum	14
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	17

BAB IV. FORMULASI TAHANAN KAPAL SWATH

4.1.	Komponen Tahanan Kapal SWATH	19
4.2.	Wave Making Resistance	23
4.3.	Frictional Resistance	24
4.4	Additional dan Appendage Resistance	25

BAB V. METODA NUMERIK PERHITUNGAN TAHANAN

5.1.	Perhitungan Tahanan Gelombang	32
5.1.1.	Tahanan Gelombang Hull	36
5.1.2.	Tahanan Gelombang Strut	39
5.2.	Perhitungan Tahanan Gesek	40
5.3.	Program Komputasi Perhitungan Tahanan Kapal SWATH	42
5.3.1.	Input	43
5.3.1.1.	Kecepatan	43
5.3.1.2.	Bentuk Hull dan Strut	43
5.3.1.3.	Panjang Hull dan Strut	44
5.3.1.4.	Diameter Hull dan Tebal Max Strut	44
5.3.1.5.	Sarat Hull dan Strut	44
5.3.1.6.	Jarak Hull atau Strut	45
5.3.2.	Output	45

BAB VI. HASIL KOMPUTASI DAN PEMBAHASAN

6.1.	Studi Kasus	51
6.2.	Pengaruh Parameter Hull pada Tahanan Kapal SWATH	56

6.2.1. Pengaruh Kecepatan pada Tahanan Hull	58
6.2.2. Pengaruh Perbandingan Panjang terhadap Diameter pada Tahanan Hull	60
6.2.3. Pengaruh Sarat Hull pada Tahanan Hull	67
6.2.4. Pengaruh Jarak Hull pada Tahanan Hull	74
6.2.5. Pengaruh Bentuk Ujung Hull pada Tahanan Hull	81
6.3. Pengaruh Parameter Strut Pada Tahanan Kapal SWATH	87
6.3.1. Pengaruh Kecepatan pada Tahanan Strut	88
6.3.2. Pengaruh Perbandingan Tebal Maksimum terhadap Panjang pada Tahanan Strut	90
6.3.3. Pengaruh Sarat Strut pada Tahanan Strut	98
6.3.4. Pengaruh Jarak Strut pada Tahanan Strut	105
6.3.5. Pengaruh Bentuk Strut pada Tahanan Strut	112

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan	118
7.2. Saran	119

DAFTAR PUSTAKA	120
----------------	-----

LAMPIRAN

A. Listing Program	121
B. Print Out	136

DAFTAR TABEL

Tabel 6.1	Tahanan SWATH3-C1 Hasil Eksperimen
Tabel 6.2	Tahanan SWATH3-C1 Hasil Eksperimen dan Perhitungan
Tabel 6.3	sampai dengan Tabel 6.26
	Tahanan Potongan Ujung Hull Hasil Perhitungan
Tabel 6.27	sampai dengan Tabel 6.50
	Tahanan Strut Hasil Perhitungan

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Kapal SWATH
- Gambar 4.1 Diagram Komponen Tahanan Total
- Gambar 4.2 Basic Frictional Lines ITTC 1957
- Gambar 4.3 Variasi Tahanan Bentuk Torpedo terhadap Harga L/D dan Parallel Midle Body
- Gambar 5.1 Posisi Hull dan Strut pada Sistem Koordinat Cartesius
- Gambar 5.2 Bentuk Hull SWATH
- Gambar 5.3 Ukuran Panjang Potongan Hull dan Strut
- Gambar 5.4 Ukuran Jari-jari dan Tebal Maksimum Strut
- Gambar 5.5 Ukuran Sarat dan Jarak antar Hull
- Gambar 5.6 sampai dengan Gambar 5.10
Flowchart Perhitungan Tahanan
- Gambar 6.1 Kurva Tahanan SWATH3-C1 Hasil Eksperimen
- Gambar 6.2 Kurva Tahanan SWATH3-C1 Hasil Eksperimen dan Perhitungan
- Gambar 6.3 Ukuran Standar Model Perhitungan
- Gambar 6.4 sampai dengan Gambar 6.27
Kurva Tahanan Potongan Ujung Hull Hasil Perhitungan
- Gambar 6.28 sampai dengan Gambar 6.51
Kurva Tahanan Strut Hasil Perhitungan

DAFTAR NOTASI

A	=	luas penampang hull
a_n	=	koefisien persamaan polinomial permukaan hull
CA	=	correlation allowance
C_f	=	koefisien tahanan gesek
CF	=	koefisien tahanan bentuk
C_w	=	koefisien tahanan gelombang
C_t	=	koefisien tahanan total
D	=	diameter hull
L	=	panjang potongan ujung hull
f	=	kedalaman sumbu simetri hull
Fn	=	Froude number
G	=	green function
g	=	percepatan gravitasi
l	=	panjang strut
p	=	tekanan fluida
R_f	=	tahanan gesek kapal
R_t	=	tahanan total kapal
R_w	=	tahanan gelombang kapal
Rn	=	Reynold number
S	=	bidang batas pada volume control
t	=	tebal strut

U	=	kecepatan kapal
v	=	kecepatan fluida
x	=	koordinat arah memanjang kapal
y	=	koordinat arah melintang kapal
z	=	koordinat arah vertikal
σ	=	kekuatan source
ϕ	=	potensial Kecepatan
ρ	=	massa jenis air
ξ	=	koordinat source arah memanjang kapal
η	=	koordinat source arah melintang kapal
ζ	=	koordinat source arah vertikal
ν	=	koefisien viskositas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Salah satu aspek yang menjadi bahan pertimbangan dalam merancang bentuk badan kapal adalah tahanan kapal (*ship resistance*). Besarnya tahanan kapal akan menentukan nilai ekonomis suatu kapal. Semakin kecil tahanan kapal, semakin tinggi nilai ekonomisnya. Sebaliknya semakin besar tahanan kapal, semakin rendah nilai ekonomisnya. Hal ini disebabkan karena besarnya tahanan kapal mempengaruhi daya mesin penggerak yang diperlukan.

Kapal yang mempunyai tahanan kecil membutuhkan daya mesin yang kecil pula. Mesin berdaya kecil mempunyai *fuel consumption* rendah, sehingga pemakaian bahan bakar menjadi lebih irit. Selanjutnya hal ini akan menyebabkan biaya operasional kapal menjadi lebih murah, dan kebutuhan ruang untuk tangki bahan bakar bisa ditekan. Selain itu mesin dengan daya yang rendah biasanya mempunyai ukuran yang tidak terlalu besar, sehingga bobotnya relatif ringan. Dengan demikian kapasitas kapal akan menjadi lebih besar.

Seperti halnya kapal-kapal yang lain, maka dalam merancang kapal SWATH pun perlu memperhatikan aspek tahanan kapal. Upaya untuk memperkecil tahanan kapal SWATH ini dapat dilakukan dengan memilih bentuk hull dan strut yang ideal, yaitu yang mempunyai luas permukaan basah (*wetted surface area*) yang kecil dan mempunyai garis air (*water line*) yang *stream line*. Luas permukaan basah yang kecil ini menyebabkan rendahnya tahanan gesek. Sedangkan garis air yang *stream line* menyebabkan tahanan gelombang menjadi kecil.

Pemilihan bentuk dengan permukaan basah yang kecil ini sulit dilakukan mengingat adanya batasan volume carene dari hull dan strut. Sehingga satu-satunya jalan adalah memilih bentuk badan kapal yang *stream line*.

Untuk mendapatkan bentuk optimum dari kapal SWATH secara eksperimental dengan merubah sejumlah parameter akan membutuhkan waktu dan biaya yang banyak. Oleh karena itu, maka pada proses awal perencanaan, penggunaan prosedur analitis untuk mengevaluasi performance dari bentuk badan kapal SWATH adalah sangat penting. Selanjutnya hasil yang diperoleh dapat dicek dengan hasil eksperimen.

1.2. PERMASALAHAN

Permasalahan yang dikemukakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Seberapa besar kontribusi hull dan strut dalam menghasilkan tahanan kapal SWATH ?
- b. Bagaimana pengaruh kecepatan kapal terhadap besarnya tahanan kapal SWATH?
- c. Bagaimana pengaruh parameter hull dan strut terhadap tahanan kapal SWATH ?

1.3. BATASAN MASALAH

Dalam melakukan perhitungan prediksi tahanan kapal SWATH pada Tugas Akhir ini dipakai batasan-batasan sebagai berikut:

- a. Perhitungan tahanan gelombang menggunakan formula Chapman.
- b. Penampang melintang hull berbentuk lingkaran.
- c. Ketebalan strut bervariasi searah sumbu-x, sedangkan pada arah sumbu-z ketebalan strut konstan.
- d. Bidang tengah strut tegak lurus dengan bidang x-y.

1.4. TUJUAN DAN MANFAAT

Maksud dan tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk menyusun suatu perhitungan prediksi tahanan kapal SWATH secara analitis dengan bantuan komputer. Dengan perhitungan ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk:

- a. Memprediksi tahanan kapal SWATH dengan relatif cepat dan tepat, sebelum nantinya diprediksi secara eksperimental dengan menggunakan model.
- b. Mendapatkan bentuk hull dan strut kapal SWATH yang ideal.
- c. Lebih jauh nantinya akan dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan rumus pendekatan empiris dalam memprediksi tahanan kapal SWATH dengan variabel yang lebih sedikit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

SWATH (*Small Waterplane Area Twin Hull*) merupakan salah satu jenis kapal cepat non konvensional yang dirancang untuk meningkatkan kinerja *seakeeping* kapal, terutama pada kondisi laut bergelombang. Di samping SWATH ada beberapa istilah lain yang mengacu pada konsep yang sama, di antaranya adalah : *MODCAT* (*Modified Catamaran*), *LWP Catamaran* (*Low Waterplane Area Catamaran*), *TRISEC Ship* (*Trisected Ship*), *SSS* (*Semi-Submerged Ship*), *SSC* (*Semi-Submerged Catamaran*).[7]

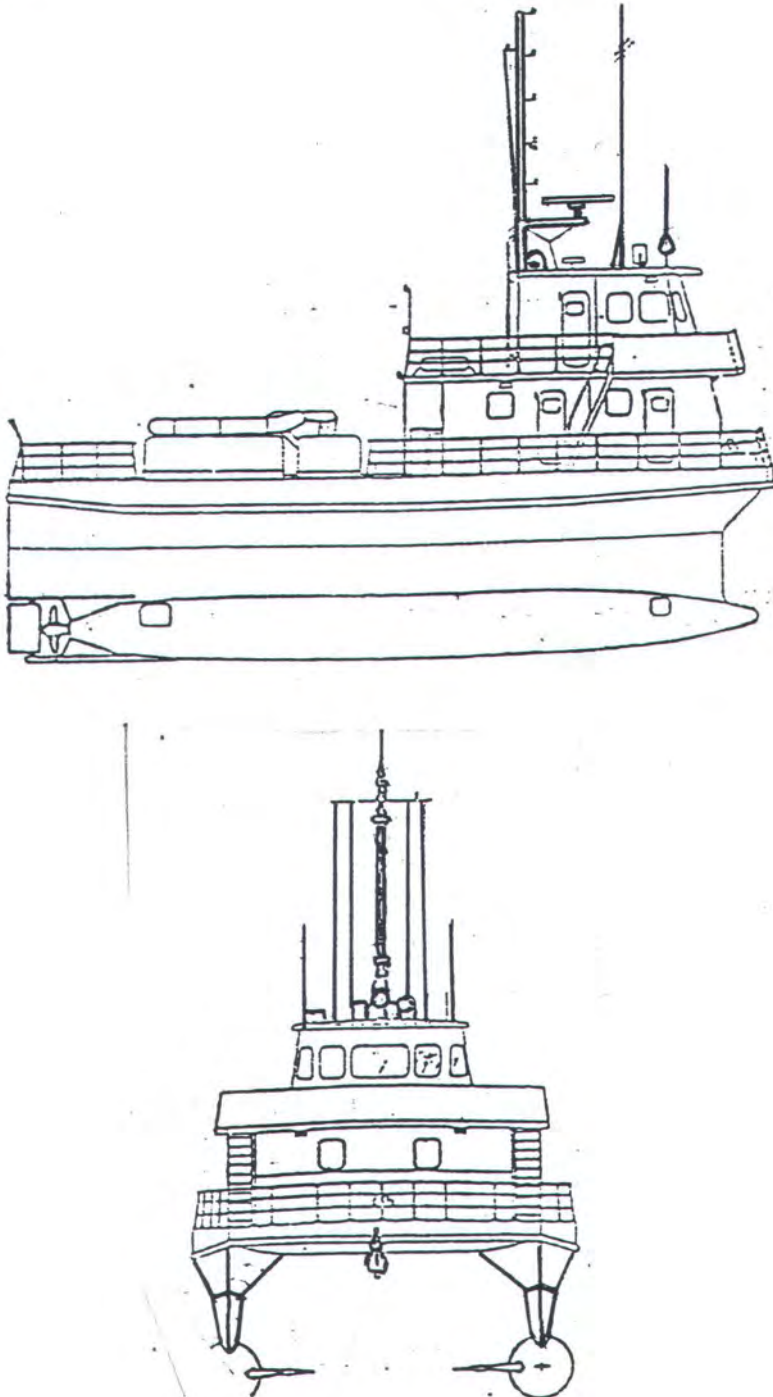
2.1. GAMBARAN UMUM KAPAL SWATH

Konsep kapal SWATH merupakan gabungan dari konsep kapal *semisubmerged* dari Lundborg dan kapal berbadan ganda. Dengan gabungan dua prinsip ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja *seakeeping*.

Badan utama kapal SWATH diletakkan jauh di bawah permukaan air laut untuk menghindari pengaruh beban gelombang sebagai sumber *eksitasi* gerak. Antara badan utama dan konstruksi atas dihubungkan dengan sub-struktur yang disebut *strut*. Strut ini dibuat langsing dengan tujuan mengurangi tahanan gelombang dan gerakan kapal akibat gaya-gaya yang ditimbulkan oleh gelombang.

Bila konfigurasi ini hanya berupa satu badan maka stabilitas kapal akan sangat rendah. Oleh karena itu diperlukan konfigurasi badan ganda (*catamaran*) untuk memperbesar stabilitas. Kedua badan ini dihubungkan dengan sub-struktur melintang yang

berupa geladak. Geladak yang dipasang di atas kedua strut ini relatif tinggi dari permukaan air laut, sehingga terjadinya *slamming* dan air naik ke geladak (*deck wetness*) dapat dikurangi.[9]



Gambar 2.1. Kapal SWATH

Secara umum dapat dikatakan bahwa daya tarik kapal SWATH adalah performance-performance sebagai berikut[9]:

- a. Gerakan kapal yang rendah pada kondisi diam atau pada waktu berlayar di gelombang.
- b. Kehilangan kecepatan yang relatif kecil pada waktu berlayar di lautan bergelombang.
- c. Tahanan gelombang yang kecil.
- d. Stabilitas yang cukup besar baik pada kecepatan rendah maupun kecepatan tinggi.
- e. Fleksibilitas pada perencanaannya.

Sedangkan kekurangan dari kapal SWATH adalah antara lain:

- a. Luas permukaan basah yang lebih besar, sehingga tahanan geseknya juga besar.
- b. Sistemnya lebih kompleks.
- c. Sensitif terhadap perubahan berat.
- d. Perbandingan *pay load* terhadap berat kapal kecil.
- e. Diameter belok (*turning diameter*) saat manuver relatif besar, terutama pada kapal berkecepatan tinggi.

Dari kelebihan dan kekurangan tersebut kita bisa mempertimbangkan pemakaian kapal tersebut sesuai dengan fungsi dan tujuan operasi kapal SWATH tersebut.

2.2. STUDI TAHANAN KAPAL SWATH

Untuk memprediksi tahanan kapal dapat dilakukan dengan berbagai cara yang dikelompokkan menjadi tiga bagian: memakai langsung hasil observasi dan data yang diambil dari kapal yang sudah ada, memakai model matematis dalam kaitannya dengan perhitungan numerik, dan memakai model fisik.

Pada saat ini yang sering dipakai dalam penelitian adalah model matematis dan model fisik. Kedua pemodelan ini dipakai secara bersama untuk menghasilkan hasil yang sempurna. Penggunaan model matematis biasanya untuk memprediksi tahanan gelombang. Sedang model fisik untuk tahanan total. [4]

Salah seorang pioner yang melakukan penelitian menggunakan model fisik adalah William Froude. Walaupun ada beberapa masalah pada metoda yang dipakai Froude ini, seperti *viscosity-wave interaction*, faktor skala, dan efek bentuk, sampai saat ini Ekstrapolasi Froude masih saja digunakan untuk memprediksi tahanan kapal dalam skala penuh. Tahanan total model dibagi menjadi dua bagian yang tidak saling mempengaruhi, yaitu tahanan gesek dan tahanan residu. Kedua bagian ini diekstrapolasi kedalam skala penuh dengan menerapkan hukum perbandingan masing-masing.

Tahanan residu sebagian besar terdiri dari tahanan gelombang dan sebagian kecil tahanan akibat bentuk. Munculnya tahanan bentuk ini karena perhitungan tahanan gesek didasarkan dengan menganggap kapal sebagai pelat datar yang mempunyai panjang dan WSA yang sama dengan panjang dan WSA kapal.

Kemudian pada akhir abad 19 Michell mulai merintis studi tentang *wave making resistance* dengan menggunakan model matematis. Sejak saat itu masalah ini menjadi menjadi bahan penelitian para ilmuwan perkapalan. Pada tahun 1936 Stretzensky

memformulasikan *wave making resistance* dari sebuah kapal yang berjalan di terusan dengan lebar tertentu dan mempunyai kedalaman yang tak tentu. Berdasarkan formula ini Chapman menghitung *wave making resistance* dari kapal SWATH.

Setelah itu, banyak peneliti melakukan penyelidikan mengenai masalah karakter *wave making resistance* dari kapal *Catamaran* atau *multi hulled vessel*. Di antaranya adalah Lunde 1951, Egger 1955, Lackenby dan Slater 1968, Everest 1968, Lin 1974 dan Rich 1985. Studi mereka ini didasarkan pada *Linearised wave making resistance* dan hanya memperhatikan masalah interferensi antara dua demihull.

Permasalahan catamaran jauh lebih kompleks dari pada monohull, disebabkan beberapa efek interferensi antara dua demihull. Pada umumnya hal ini dipandang sebagai penjumlahan dari dua efek, yaitu : *wave interference* dan *body (displacement) interference*. Perhitungan yang relatif akurat telah diberikan oleh Pien.

Sebagian besar para peneliti melakukan perhitungan dengan memperlakukan demihull catamaran sebagai dua kapal langsing yang terpisah pada jarak tertentu dan keduanya identik. Potensial kecepatan dari permasalahan ini diperoleh dari dua lembar distribusi source (*two sheet distribution of Havelock source*) yang dikembangkan oleh Havelock.

Berdasar dari lembar distribusi source Havelock pada bidang tengah dari masing-masing demihull ini, Chapman memperkenalkan sebuah garis distribusi source (*line source distribution*) untuk hull terbenam dari kapal SWATH. Penyelidikan *wave making resistance* kapal SWATH ini diikuti oleh beberapa peneliti, antara lain Lin, Salvesen dan Huang.

Metoda line source ini hanya valid untuk badan kapal yang berpenampang melintang lingkaran. Sedang untuk bentuk-bentuk yang lain, misalnya elips, hasil metoda ini kurang memuaskan. Oleh karena itu diperlukan metoda lain yang lebih akurat dari pada line source distribution. Metoda tersebut adalah *Plane Source Distribution*. [3]

2.2.1. FORMULASI KONDISI BATAS

Untuk memprediksi *wave making resistance* pada kapal dengan pendekatan analitis, perlu menggambarkan kondisi batas terlebih dahulu. Masalah twin hull, yang kedua badannya terpisah pada jarak yang kecil dapat diasumsikan dengan hull yang berjalan sepanjang dinding vertikal. Selanjutnya, karena kapal SWATH merupakan kapal yang langsing maka linerisasi kondisi batas yang diperoleh dari kondisi batas sesungguhnya dapat digunakan secara efektif.

Sebagaimana diasumsikan bahwa fluida adalah inviscid dan incompressible, aliran fluida steady dan irrotasional, maka kecepatan potensial dapat diselesaikan. Kemudian, aliran mempunyai tegangan permukaan sama dengan nol, yang berarti bahwa gelombang-gelombang permukaan ditimbulkan oleh gaya gravitasi. Sistem koordinat Cartesius terpasang di kapal yang ikut bergerak bersama gerak kapal yang mana bidang oxy berimpit dengan permukaan air tenang, sumbu z berlawanan arah dengan gaya gravitasi dan sumbu y ke arah portside.

Diasumsikan juga bahwa permukaan kapal berjalan melalui air tenang yang dalam dan pada arah sumbu x positif dengan kecepatan konstan U dan kapal tidak bebas bergerak kecuali pada arah maju. Potensial kecepatan dari aliran yang disebabkan gerak kapal digambarkan sebagai [3]:

$$\phi = U_x + \phi(x,y,z) \quad (2.1)$$

dimana $\phi(x,y,z)$ adalah potensial kecepatan dari badan kapal dan U_x karena aliran uniform.

Persamaan kontinuitas potensial aliran ini memenuhi persamaan Laplace

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (2.2)$$

Jika bentuk dari badan kapal dan elevasi permukaan bebas yang terusik dirumuskan sebagai :

$$y = f(x,y) \quad (2.3)$$

$$z = \zeta(x,y) \quad (2.4)$$

Untuk memenuhi persamaan Laplace maka kondisi batas yang sesungguhnya dikondisikan sebagai berikut :

a. Pada permukaan bebas $F = z - \zeta(x,y)$

1. Kinematic condition; $DF/Dt = 0$

$$(U + \phi_x) \zeta_x + \phi_y \zeta_y - \phi_z = 0 \quad (2.5)$$

2. Dynamic condition

$$g\zeta + U\phi_x + 1/2 (\phi_x^2 + \phi_y^2 + \phi_z^2) = 0 \quad (2.6)$$

b. Pada permukaan yang dilewati badan kapal $F = y - f(x,y)$; $DF/Dt = 0$

$$(U + \phi_x) f_x + \phi_y - \phi_z f_z = 0 \quad (2.7)$$

c. Kondisi dasar laut

$$\lim \phi_z = 0 \quad (2.8)$$

d. Kondisi radiasi

Fungsi ϕ mendekati potensial aliran uniform pada jarak yang jauh di belakang buritan kapal dan tidak ada gelombang pada jarak yang jauh di depan haluan.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \phi = 0 \quad \text{dan} \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} \phi = U_x \quad (2.9)$$

e. Wall boundary condition

Jika kapal bergerak sepanjang dinding vertikal yang berada pada $y = b$ maka tidak ada aliran yang menembus dinding

$$\phi_y = 0 \quad \text{pada} \quad y = b \quad (2.10)$$

2.2.2. PENENTUAN POTENSIAL KECEPATAN DENGAN TEOREMA GREEN

Potensial kecepatan yang ditimbulkan oleh sebuah source pada titik $(\xi, 0, \zeta)$ yang berjalan melalui air tenang, terbuka dan dalam, yang mengalir dengan keadaan steady dengan kecepatan konstan U dapat ditulis dengan persamaan [3]

$$G_I(x, y, z) = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{k_0}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \sec^2 \theta \cdot d\theta \cdot \int_0^{\infty} \frac{e^{k[i\varpi + (z+\zeta)]}}{k - k_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} dk$$

$$r_1^2 = (x - \xi)^2 + y^2 + (z + \zeta)^2$$

$$r_2^2 = (x - \xi)^2 + y^2 + (z - \zeta)^2$$

$$\varpi = (x - \xi)^2 \cos \theta + y \sin \theta$$

(2.11)

Jika sebuah titik source terletak di dekat dinding vertikal yang dalam maka potensial kecepatan yang memenuhi kondisi batas dinding (*wall boundary condition*) pada persamaan (2.10) akan didapat. Karena tidak ada aliran yang menembus dinding, pada $y = b$, maka metoda image dapat digunakan. Potensial kecepatan untuk sebuah unit source pada titik cerminan $(\xi, 2b, \zeta)$ diberikan dengan :

$$G_{II} = \frac{1}{r_1'} - \frac{1}{r_2'} - \frac{k_0}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \sec^2 \theta \cdot d\theta \int_0^{\infty} \frac{e^{k[i\omega' + (z+\zeta)]}}{k - k_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} dk$$

$$r_1' = (x - \xi)^2 + (y - 2b)^2 + (z + \zeta)^2$$

$$r_2' = (x - \xi)^2 + (y - 2b)^2 + (z - \zeta)^2$$

$$\omega' = (x - \xi) \cos \theta + (y - 2b) \sin \theta$$
(2.12)

Penjumlahan persamaan (2.11) dan (2.12) dapat dipakai untuk mencari potensial kecepatan sebuah unit source yang bergerak sepanjang dinding yang terletak pada jarak $y = b$

$$G = G_I + G_{II}$$

$$= \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1'} - \frac{1}{r_2'} - \frac{k_0}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \sec^2 \theta \int_0^{\infty} dk \frac{e^{k \cdot (z+\zeta) + i \cdot k \omega}}{k - k_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} (1 + e^{-i2kb \sin \theta})$$

$$= -8k_0 \int_0^{\pi/2} \sec^2 \theta \cdot e^{k_0 \sec^2 \theta (z+\zeta)} \sin[k_0 (x - \xi) \sec \theta] \cos(k_0 y \sec^2 \theta \cdot \sin \theta)$$

$$[1 + \cos(2k_0 b \cdot \sec^2 \theta \cdot \sin \theta)] \cdot d\theta$$
(2.13)

Untuk menentukan potensial kecepatan yang dihasilkan oleh sistem source yang sesuai dengan bentuk badan kapal, diberikan teorema Green sebagai :

$$\phi(p) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\partial R} [\phi_n G(p; q) - \phi G_n] ds(q) \quad (2.14)$$

di mana p menunjukkan sebuah titik (x, y, z) di dalam fluida yang diamati, dan q adalah sebuah titik dari distribusi source (ξ, η, ζ) yang diterapkan pada volume control yang dibatasi beberapa control surface, yaitu : S_u dan S_d yang menunjukkan bidang vertikal yang terletak jauh dari haluan dan buritan badan kapal, S_b merupakan dasar dari permukaan pada $z \rightarrow -\infty$, $S_{v,w}$ adalah dinding vertikal, S_r dan S_l merupakan bidang vertikal yang berada disebelah kiri dan kanan badan kapal, S_f adalah permukaan bebas air dan S_w adalah permukaan basah badan kapal.

Dari kondisi batas yang telah ditentukan, maka kontribusi potensial kecepatan dari S_u , S_d , $S_{v,w}$, S_r , S_l , dan S_b dapat dihilangkan. Sehingga persamaan (2.14) menjadi

$$\begin{aligned} \phi(x, y, z) &= \phi_I(x, y, z) + \phi_{II}(x, y, z) \\ &= \frac{1}{4\pi} \iint_{S_f} (\phi_\zeta G - \phi G_\zeta) d\xi d\eta + \frac{1}{4\pi} \iint_{S_w} (\phi_\eta G - \phi G_\eta) d\xi d\zeta \end{aligned} \quad (2.15)$$

Integral pertama adalah kontribusi dari permukaan bebas sedang integral kedua adalah kontribusi dari badan kapal. Dengan teori *linearised free surface condition* maka kontribusi dari permukaan bebas terhadap potensial kecepatan adalah sama dengan nol. Sehingga tinggal mengevaluasi integral yang kedua. Persamaan (2.15) menjadi:

$$\phi(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \iint \left[-U f_\xi (G^+ + G^-) - \phi (G_\eta^+ - G_\eta^-) \right] d\xi d\zeta \quad (2.16)$$

Dengan menggunakan ekspansi Taylor pada ϕ , G , G_η , pada $\eta = 0$ dan membuat hubungan $G^+ + G^- = 2G(x, y, z, \xi, 0, \zeta)$ maka persamaan di atas menjadi

$$\phi(x, y, z) = \frac{U}{2\pi} \iint_{S_{wo}} f_{\xi} G(p; \xi, 0, \zeta) . d\xi . d\zeta \quad (2.17)$$

2.2.3. TAHANAN GELOMBANG BERDASARKAN TEORI MOMENTUM

Tahanan gelombang yang dialami oleh benda yang bergerak di fluida ideal diberikan dengan mengintegrasikan sepanjang sumbu-x komponen-komponen tekanan dinamik fluida meliputi permukaan badan kapal:

$$R_w = - \iint (p - p_0) n_x ds \quad (2.18)$$

Oleh karena gerakan fluida di dekat permukaan badan kapal terlalu rumit, sehingga sulit untuk mendapatkan potensial kecepatan yang sebenarnya. Michell membuat rumusan matematik dengan menggunakan transformasi Fourier sebagai berikut :

$$R_w = - \iint_{S_{wo}} (p - p_0) \frac{\partial}{\partial x} . dx . dz \quad (2.19)$$

Untuk menghindari kesulitan dalam pemecahan potensial aliran yang sangat dekat dengan permukaan badan kapal, maka beberapa peneliti seperti Havelock dan Lunde membuat pemecahan dengan menggunakan metode energi dan analisa momentum. Untuk metode-metode ini hanya perlu mengetahui gerakan fluida di daerah yang jauh dari permukaan kapal.

Dari kenyataan yang telah diketahui bahwa laju perubahan dari momentum dari fluida yang dibatasi dengan permukaan tertutup adalah sama dengan gaya yang bekerja pada control surface, maka rumus tahanan gelombang dapat ditulis sebagai berikut:

$$R_w = \frac{\rho}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^0 \left[\left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 - \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 \right] dy \cdot dz + \frac{\rho U^2}{2g} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2_{z=0} dy \quad (2.20)$$

Dengan merubah batas integral persamaan (2.13) menjadi $(-\pi/2, \pi/2)$ dan menstutitusikannya ke dalam persamaan (2.17) didapat:

$$\begin{aligned} \phi(x, y, z) &= \frac{-2k_0 U}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\theta \sec^2 \theta \left[1 + \cos(2k_0 \cdot b \sec^2 \theta \cdot \sin \theta) \right] \cdot e^{k_0 \cdot \sec^2 \theta (z + \zeta)} \\ &\quad \iint \phi_{\xi} \cdot \sin[k_0(x - \xi) \cdot \sec \theta] \cos(k_0 y \cdot \sec^2 \theta \cdot \sin \theta) \cdot d\xi \cdot d\zeta \\ &= \frac{-2k_0 U}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\theta \cdot \sec^2 \theta \left[1 + \cos(2k_0 \cdot b \cdot \sec^2 \theta \cdot \sin \theta) \right] \cdot e^{k_0 \cdot \sec^2 \theta x} \\ &\quad \left[I \sin(k_0 \varpi \sec^2 \theta) - J \cos(k_0 \varpi \sec^2 \theta) \right] \\ I &= \iint f_{\xi} \cdot e^{k_0 \cdot \sec^2 \theta \cdot \zeta} \cos(k_0 \xi \sec^2 \theta) \cdot d\xi \cdot d\zeta \\ J &= \iint f_{\xi} \cdot e^{k_0 \cdot \sec^2 \theta \cdot \zeta} \sin(k_0 \xi \sec^2 \theta) \cdot d\xi \cdot d\zeta \\ \varpi &= x \cos \theta + y \sin \theta \end{aligned} \quad (2.21)$$

Persamaan di atas dimasukkan ke persamaan (2.20) menghasilkan persamaan

$$\begin{aligned} R_w &= \frac{4\rho g k_0}{\pi} \int_0^{\pi/2} d\theta \sec^3 \theta \cdot \left[1 + \cos(2k_0 \cdot b \sec^2 \theta \cdot \sin \theta) \right] (I^2 + J^2) \\ I + iJ &= \iint_{S_{w0}} dx \cdot dz \cdot f_x(x, z) \cdot e^{k_0 \cdot \sec^2 \theta (z + ix \cos \theta)} \end{aligned} \quad (6.22)$$

Persamaan di atas adalah tahanan gelombang yang dialami oleh demihull sepanjang dinding vertikal, dan untuk tahanan sebuah catamaran (twin hull) maka hasilnya sama dengan dua kali hail persamaan di atas. Dengan membagi persamaan menjadi dua

suku maka tahanan gelombang yang dialami oleh sebuah catamaran yang mempunyai jarak antar centreplane $2b$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_w &= R_0 + R_1 \\
 &= \frac{8\rho g k_0}{\pi} \int_0^{\pi/2} d\theta (I^2 + J^2) \sec^3 \theta \\
 &\quad + \frac{8\rho g k_0}{\pi} \int_0^{\pi/2} d\theta \cdot \cos(2k_0 b \cdot \sec^2 \theta \cdot \sin \theta) \cdot \sec^3 \theta (I^2 + J^2)
 \end{aligned}
 \tag{6.23}$$

di mana R_0 adalah tahanan gelombang dua demihull yang terpisah dan R_1 adalah tambahan yang disebabkan adanya demihull yang lain. Faktor interferensi cosinus dalam integral persamaan di atas bervariasi dari -1 hingga 1. Akibatnya tahanan gelombang dari sebuah catamaran paling kecil adalah sama dengan nol dan paling tinggi sama dengan empat kali tahanan gelombang satu demihull. Juga perlu diperhatikan bahwa dua hull catamaran yang digabung bersama, yaitu $b = 0$, tahanan gelombangnya sebesar dua kali dari catamaran yang masing-masing hullnya terpisah pada jarak takhingga, yaitu $b \rightarrow \infty$. Karena faktor interferensi merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak antara dua demihull maka untuk mendapatkan tahanan yang optimum harus diperhatikan kombinasi antara kecepatan dan jarak tersebut.[3]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dititikberatkan pada pengumpulan data hasil perhitungan analitis besarnya tahanan kapal SWATH yang disebabkan oleh hull dan strut. Selanjutnya data dianalisis untuk mengetahui sejauh mana pengaruh parameter hull dan strut terhadap besarnya tahanan kapal SWATH. Adapun metodologi dan prosedurnya adalah sebagai berikut:

- a. Mengadakan studi pustaka untuk memilih formula perhitungan tahanan kapal yang cocok untuk kapal SWATH, khususnya tahanan gelombang. Dalam Tugas Akhir ini dipakai formula perhitungan dari Chapman untuk memprediksi tahanan gelombang. Sedang prediksi tahanan geseknya memakai perhitungan pendekatan berdasarkan eksperimen yang telah banyak dilakukan. Dalam hal ini digunakan ITTC 1957 skin frictional line, karena dianggap yang paling cocok untuk slender body.
- b. Menurunkan formula tersebut sedemikian hingga dapat diterapkan dalam perhitungan numerik dengan bantuan komputer. Sebagian besar perhitungan yang digunakan adalah operasi bilangan kompleks, yang mana dalam program ini (ditulis dalam bahasa *Pascal*) digunakan jenis variabel *Record*. Sedang integrasinya memakai metoda *Trapezoidal*. Perhitungan dengan bantuan

- komputer ini dimaksudkan untuk mempermudah proses perhitungan dan juga untuk lebih mengakuratkan hasilnya.
- c. Hasil perhitungan dibandingkan dengan hasil eksperimen untuk mengetahui validitas perhitungan. Untuk cross check ini kami menggunakan data hasil eksperimen yang dilakukan oleh Chun H.H. dengan model SWATH3.
- d. Mengumpulkan data dari perhitungan-perhitungan prediksi tahanan kapal dengan parameter hull dan strut yang bervariasi. Parameter tersebut adalah panjang hull / strut, jari-jari hull, tebal maksimum strut, jarak antar hull / strut, kedalaman hull / strut. Selanjutnya data-data tersebut dianalisa untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh parameter hull dan strut tersebut terhadap besarnya tahanan kapal SWATH.
- e. Memilih bentuk hull dan strut dengan parameter tertentu yang mana bentuk tersebut menghasilkan tahanan kapal yang minimum.

BAB IV

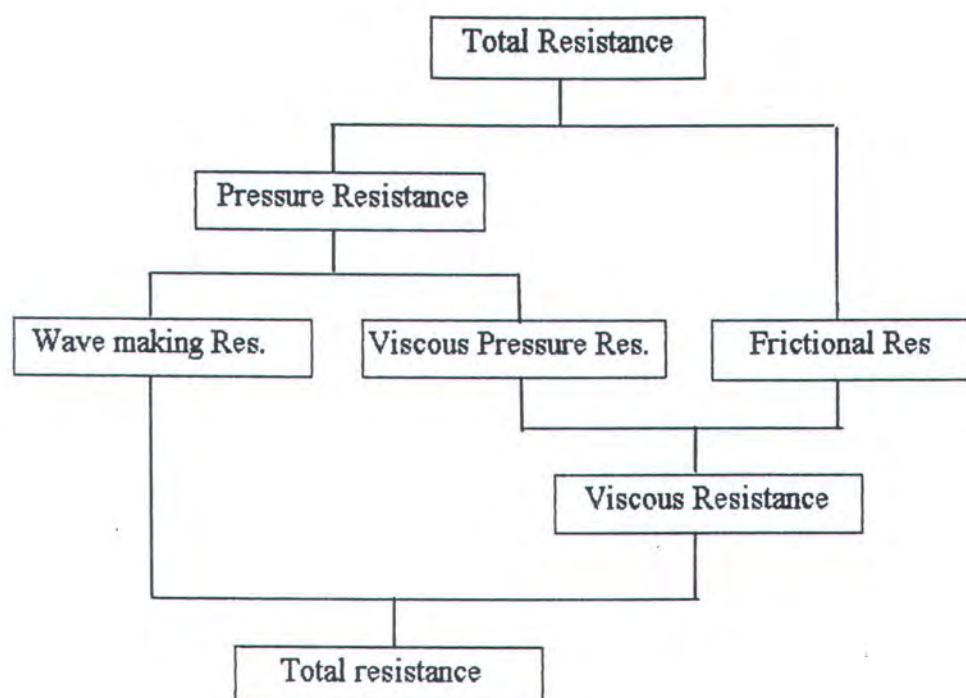
FORMULASI TAHANAN KAPAL SWATH

Kapal SWATH adalah salah satu jenis kapal yang memiliki beberapa komponen di bawah permukaan air. Hal ini menyebabkan terjadinya interferensi hidrodinamis yang rumit antara komponen-komponen tersebut. Dengan demikian tahanan kapal SWATH sangat peka terhadap perubahan-perubahan dari komposisi maupun bentuk geometris dari komponen-komponen.

Seperti halnya kapal-kapal nonkonvensional yang lain maka kapal SWATH juga mempunyai formulasi dan karakter tahanan yang berbeda dengan kapal-kapal yang konvensional.

4.1. KOMPONEN TAHANAN KAPAL SWATH

Untuk mengestimasi tahanan total kapal atau benda yang bergerak dekat permukaan maka tahanan total dipecah atas komponen-komponennya dengan asumsi bahwa masing-masing disebabkan oleh pengaruh yang berbeda, dan kumpulan-kumpulan dari komponen-komponen bersama-sama merupakan tahanan total. Meskipun dalam beberapa hal tidak selalu tepat, tetapi sudah dapat merupakan pendekatan yang feasible untuk pemecahan persoalan tahanan. Gambar 2.1 menunjukkan diagram pohon dari komponen-komponen tahanan.



Gambar 2.1 Diagram Komponen-komponen Tahanan Total.

Secara umum, tahanan total dari kapal yang bergerak pada permukaan air dapat dibagi atas *viscous resistance* (R_v) dan *wave making resistance* (R_w). *Viscous resistance* adalah komponen tahanan yang berkaitan dengan pemakaian energi untuk pembentukan pusaran-pusaran dan turbulensi. *Wave making resistance* adalah komponen tahanan yang berkaitan dengan pemakaian energi untuk pembentukan gelombang gravitasi.

Viscous resistance dapat dibagi atas dua komponen yaitu:

- *Frictional resistance* (R_F).
- *Viscous pressure* (R_{vp}).

Frictional resistance adalah gaya *tangential* yang diperoleh dengan mengintegalkan gaya *tangential* pada seluruh permukaan hull. *Viscous pressure resistance* terjadi

disebabkan oleh *pressure differentials* yang timbul dari adanya *boundary layer* dan *wake*.

Secara umum dapat dikatakan bahwa *frictional resistance* adalah bagian utama dari *viscous resistance*, sehingga untuk mudahnya *frictional resistance* dianggap sama dengan pelat datar yang sesuai yang mempunyai panjang yang sama dan luas permukaan basah yang sama dengan kapalnya.

Di samping itu tambahan tahanan yang disebabkan oleh pengaruh bentuk tiga dimensi dari badan kapal dimasukkan sebagai komponen dari *viscous resistance* (disebut tahanan bentuk). Huang menganggap hanya komponen *wave making resistance* yang dipakai untuk menghitung tahanan total di air tenang dari kapal SWATH.

Tahanan total dari kapal SWATH dapat dibagi atas enam komponen.

$$RT = RF + RW + RE + RS + RAP + RA$$

Di mana:

$RF = \text{Frictional resistance}$

Wetted surface dan *frictional coefficient* dihitung untuk hull dan strut. Diambil *correlation allowance* $CA = 0.005$ yang sesuai dengan *model ship correlation line* ITTC 1957.

$RW = \text{Wave making resistance.}$

Perhitungan ini didasarkan pada teori Chapman dalam paper berjudul 'Hydrodynamic Drag of Semi Submerged Ships', Transaction ASME, Journal of Basic Eng, Vol 94, 1972. Sedangkan problem linierisasi *free surface* dari SWATH digunakan *thin ship approximation*.

$RE = \text{Eddy making resistance.}$

Strut Eddy making resistance dihitung dengan mengalikan *strut frictional drag* dengan faktor empiris. *Eddy making resistance* untuk hull diambil 10 % dari *frictional resistance* untuk hull.

R_{so} = *Spray resistance*.

Perhitungan *spray resistance* didasarkan dari hasil percobaan model.

R_{AP} = *Appendage resistance*.

Di ambil kira-kira 10% dari R_F dan dihitung berdasarkan pada *wetted surface* dari *appendages*.

R_A = *Aerodynamic resistance*.

Tahanan ini dihitung dengan menggunakan luas frontal dan *coefficient drag* sebesar 0.5.

Tidak seperti kapal monohull biasa, kapal SWATH mempunyai strut yang *stream line* yang menembus dimana di atas suatu kecepatan tertentu air mulai menumpuk dan membentuk *spray sheet* pada permukaan strut yang menyebabkan hilangnya energi yang besar terutama pada kecepatan tinggi (disebut *spray drag*). Tahanan *appendages* dihitung sebesar 10 % dari *frictional resistance*.

Lin dan Day menghitung tahanan total dari *bare hull* SWATH (tidak termasuk *appendages*, kemudi, *fin*) sebagai penjumlahan dari komponen-komponen *wave making*, *frictional resistance* dan *form resistance*. Di sini *form resistance* menunjukkan perbedaan antara *wave making resistance* hitungan dan tahanan sisa secara experiment.

Berdasarkan hasil-hasil experiment pada beberapa model SWATH akan diperoleh *curve coefficient form resistance*. Tahanan bentuk (*form resistance*) dihitung

dari penjumlahan 17 % *strut frictional resistance* dan 10 % *body frictional resistance*. [9]

4.2. WAVE MAKING RESISTANCE

Tahanan gelombang terjadi disebabkan oleh tekanan fluida yang bekerja dalam arah normal terhadap lambung kapal. Jika benda bergerak jauh di bawah permukaan air dengan kecepatan konstan, tidak ada gelombang yang terjadi, tetapi tekanan normal akan bervariasi disepanjang benda tersebut. Pada fluida *nonviscous* resultan gaya akibat variasi tekanan sama dengan nol. Tetapi jika benda bergerak pada permukaan air atau di dekat permukaan air, variasi tekanan tersebut menyebabkan gelombang yang menyebabkan berubahnya distribusi tekanan pada seluruh lambung, dan resultan dari gaya ke arah depan dan belakang adalah tahanan gelombang kapal. [9]

Wave making resistance untuk satu *demi hull* dari kapal SWATH adalah [1]:

$$R = 16\pi\rho K_o^2 \int_0^{\infty} (I^2 + J^2) \cosh^2 u \, du \quad (3.1)$$

di mana :

$$K_o = g / c^2$$

$$g = \text{gravitasi}$$

$$c = \text{kecepatan kapal}$$

$$I + iJ = \iint \sigma \exp (K_o [i (x \cosh u + y \sinh u \cosh u) + z \cosh^2 u]) \, ds \quad (3.2)$$

Untuk kasus kapal dengan lambung benam tunggal maka persamaan di atas dievaluasi dengan $y = 0$, dan

$$\sigma \, ds = (-c / 2\pi) \frac{\delta \eta}{\delta x} \, dx \, dy \quad (3.3)$$

η adalah persamaan permukaan hull yang merupakan fungsi dari x dan z , $\eta = f(x, z)$

Jika *twin hull* maka *wave making resistance* satu *demihull* dikalikan dengan faktor *twin hull* sebesar

$$2 (1 + \cos (Ko.b. \sinh u \cosh u)) \quad (3.4)$$

di mana b = jarak *twin hull*.

sehingga menjadi

$$R = 32\pi\rho Ko^2 \int_0^\infty (I^2 + J^2) \cosh^2 u (1 + \cos(Ko.b \sinh u \cosh u)) du \quad (3.5)$$

Persamaan di atas dievaluasi dengan $y = \pm b/2$.

Untuk menghitung tahanan strut persamaan yang digunakan sama seperti yang di atas. Hanya nanti dalam penurunannya ada perbedaan yang akan dibahas lebih detail pada bab berikutnya.

4.3. FRICTIONAL RESISTANCE

Untuk perhitungan *frictional resistance* secara akurat, adalah penting mendapatkan luas permukaan kapal secara tepat. Demikian juga estimasi yang tepat dari volume displacement adalah penting yang digunakan untuk membuat tahanan menjadi nondimensional sehingga dapat dibandingkan tahanan tahanan kapal dengan berbagai macam displacement. Karena kapal SWATH mempunyai beberapa komponen yang berbeda-beda panjangnya maka koefisien gesekan ditentukan untuk setiap komponen. Koefisien gesekan dihitung dengan menggunakan formula dari ITTC 1957 yang dirumuskan dengan:

$$C_f = \frac{0.073}{(\log_{10} Rn - 2)^2} \quad (3.6)$$

Bilangan Reynold (Rn) dihitung berdasarkan panjang dari masing-masing komponen seperti strut, body, fin dan lain-lain. Kemudian *frictional resistance* untuk masing-masing komponen dihitung dengan mengalikan koefisien dengan dengan faktor $0.5 \rho V^2 S$, di mana V adalah kecepatan kapal dan S adalah luas permukaan basah dari masing-masing komponen.

Akhirnya koefisien tahanan gesekan total dari kapal SWATH diperoleh dengan membagi jumlah tahanan gesekan semua komponen dengan luas permukaan basah keseluruhan.

$$C_f = \frac{(R_{fs} + R_{fb} + R_{ff})}{0.5 \rho V^2 S} \quad (3.7)$$

Alasan untuk memilih ITTC 1957 *skin frictional line* adalah karena dianggap yang paling cocok untuk *slender body*. Harga korelasi $CA = 0.0005$ yang merupakan *allowance* kekasaran untuk kapal sebenarnya sering digunakan untuk estimasi besarnya tahanan kapal yang sebenarnya.

Dari hasil trial data untuk kapal SSP Kaimalino diperoleh informasi bahwa harga $CA = 0.0005$ cocok dengan hasil yang diperoleh dari model test. Dari sini dapat dilihat bahwa karena sedikitnya sea trial yang dilakukan terhadap kapal SWATH menyebabkan timbulnya kesulitan untuk mendapatkan harga yang tepat [9]

4.4. ADDITIONAL DAN APPENDAGE RESISTANCE

Tahanan bentuk biasanya berarti *viscous componen* dari tahanan yang disebabkan oleh bentuk body yaitu perbedaan antara total *viscous resistance* dari pelat datar dengan panjang yang sama.

Meskipun dapat dianggap bahwa *wave making resistance* dari body pada kedalaman air tersebut dapat diabaikan, namun gelombang masih dapat timbul pada permukaan bebas pada percobaan dengan kecepatan tinggi.

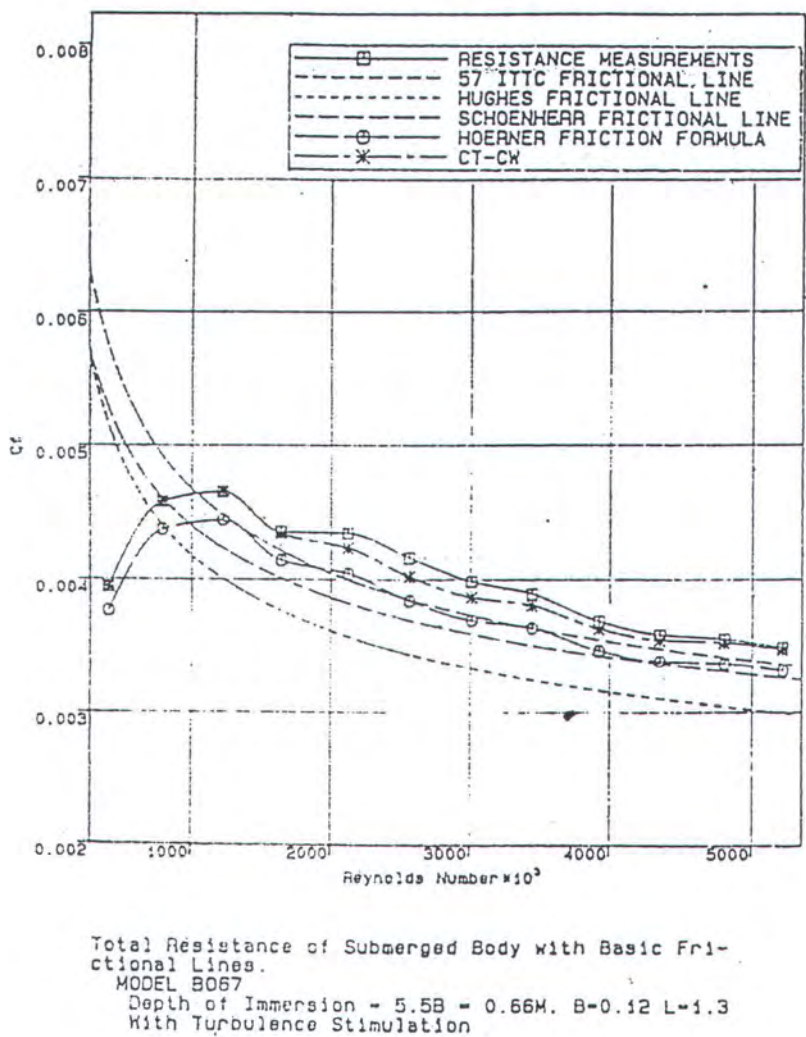
Dengan menggunakan teori-teori *wave making resistance* dihitung untuk body dan kemudian dikurangkan dari tahanan total yang diukur ($C_t - C_w$) seperti dalam gambar dapat dianggap sebagai *viscous resistance* murni.

Dengan menggunakan formula Hoerner

$$C_f = \frac{C_v}{1 + 1.5(B/L)^{3/2} + 7(B/L)^3} \quad (4.8)$$

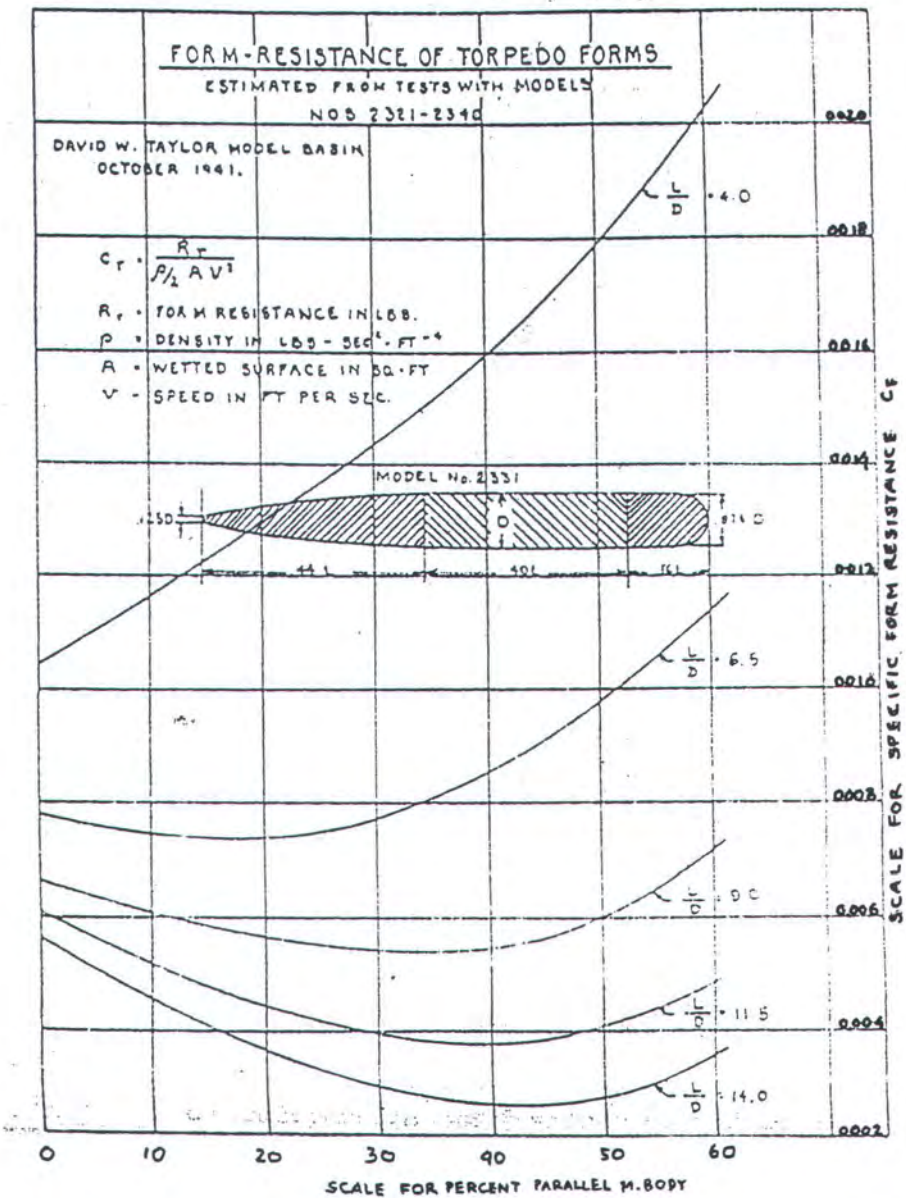
maka *frictional resistance* dapat dihitung dan digambarkan.

Dari gambar dapat dilihat bahwa kurva tahanan ini menjadi satu dengan ITTC '57 *frictional lines* dengan beberapa tonjolan-tonjolan penyimpangan. Form factor secara empiris untuk body yang stream line atau foil section telah diturunkan dari percobaan-percobaan seri dan dapat ditemukan pada buku-buku acuan.[9]



Gambar 4.1

Seperti ditunjukkan oleh namanya, tahanan bentuk sangat tergantung dari bentuk body. Hal ini dapat secara jelas dilihat dari gambar 4.2 di bawah ini yang menunjukkan variasi tahanan bentuk dari sebuah bentuk torpedo terhadap harga L/D dan juga panjang dari *parallel middle body*. [9]



Gambar4.2 Variasi tahanan bentuk sebuah bentuk torpedo terhadap harga L/D dan parallel middle body.

Oleh karena itu tidaklah mudah untuk mengestimasi form resistance dari sebuah body bila tidak ada data-data percobaan model. Lebih lanjut karena kapal SWATH mempunyai beberapa komponen yang dapat berinterferensi antara satu dengan yang lainnya maka hampir tidak mungkin menurunkan suatu rumus umum yang dapat dipakai pada setiap kapal SWATH dengan ketelitian yang baik.

Cara yang terbaik untuk mencapai tujuan ini ialah dengan mengumpulkan sebanyak mungkin data-data percobaan model. Hal ini tentunya dapat dicapai dengan kerja sama antara tangki-tangki percobaan yang ada di dunia.

Pada saat ini data-data experiment kapal SWATH sangat jarang dan juga sering kali hal-hal detail bersifat *confidential* sehingga sangat sulit untuk melakukan pekerjaan ini. Juga kapal SWATH sangat peka terhadap sinkage/rise dan trim yang akan mempengaruhi pengukuran tahanan sehingga titik tahanan terukur yang bertebaran untuk towing tank yang berbeda akan mempunyai perbedaan yang besar dibandingkan dengan monohull.

Dari literatur-literatur yang ada dapat dilihat bahwa secara umum ada dua pendekatan untuk mengestimasi tahanan kapal SWATH. Yang pertama adalah form factor empiris yang didapat dari bentuk stream line dan penampang-penampang foil masing-masing untuk hull dan strut. Sedangkan yang kedua adalah pendekatan yang lebih langsung sifatnya yang didasarkan pada hasil percobaan dari beberapa kapal SWATH.

Telah diketahui bahwa dalam kapal-kapal cepat seperti SWATH prosentase tahanan appendage terhadap tahanan total adalah sering lebih besar dari pada *displacement ship*. Praktis tidak mungkin membuat ukuran model dan kondisi percobaan sedemikian sehingga acuan pada model appendages betul-betul turbulent seperti yang terjadi pada kapal yang sebenarnya. Karena itu prediksi performance kapal dari model dimana appendages memegang peranan pada besarnya tahanan total akan mempunyai kesalahan bila tidak diperhitungkan factor skala angka Reynolds pada appendages. Formulasi-formulasi untuk mengatasi hal ini telah dibahas pada ITTC ke 17.

Pada dasarnya tahanan appendages terdiri atas 5 komponen yaitu :

$$R_{App} = R_P + R_I + R_{HAI} + R_{TI} + R_W.$$

dimana :

R_P = tahanan profil.

R_I = tahanan induksi.

R_{HAI} = tahanan interferensi hull appendages.

R_{TI} = tahanan tip.

R_W = wave making drag karena adanya permukaan bebas.

Perhitungan ini dapat dilaksanakan untuk setiap appendage seperti fin belakang, fin depan (disebut canard) dan kemudi. Komponen-komponen tahanan dari appendage dapat dinyatakan dengan rumus-rumus empiris sebagai berikut yang didasarkan pada foil section.

Tahanan profil terdiri dari tahanan gesek pelat datar dan tahanan bentuk (disebut juga pressure drag). Untuk fin dipakai rumus sebagai berikut :

$$R_P = 2 C_f \left[1 + 2 \frac{T_m}{C} + 100 \frac{T_m^4}{C} \right] S_{p.1} / 2 \cdot \rho \cdot V^2 \quad (4.9)$$

di mana

C = mean chord dan T_m = tebal maximum.

Frictional coefficient dihitung berdasarkan bilangan Reynolds setempat.

Tahanan induksi dihitung dari rumus

$$R_I = C_l^2 \frac{1+k}{AR} 1 / 2 \cdot S_{p.1} \cdot V^2 \quad (4.10)$$

di mana :

AR = effective aspect ratio.

Cl = coefficient lift untuk foil.

$$Cl = \frac{d \cdot Cl}{d \cdot \alpha} \alpha \quad (4.11)$$

Faktor k adalah pertambahan tahanan induksi disebabkan karena bentuk distribusi beban pada foil tidak berbentuk ellips. Pada kecepatan tinggi dan pada daerah didekat permukaan bebas, harga faktor ini dapat didekati dengan rumus

$$K = \frac{AR}{AR + 12(hf / C)} \quad (4.12)$$

di mana hf = kedalaman air sampai garis tengah fin.

Tahanan interferensi hull dan strut dihitung dari rumus Hoerner :

$$R_{HAI} = \left[0.75 \left(\frac{tm}{c} \right) - 0.0003 \left(\frac{c}{tm} \right)^2 \right] 1/2 \rho u^2 tm^2 \quad (4.13)$$

Tahanan tip untuk setiap appendage menurut Hoerner adalah:

$$R_{TI} = 0.075 \left(\frac{tm}{c} \right)^2 1/2 \rho u^2 c^2 \quad (4.14)$$

dengan asumsi ujung tip tidak runcing dan coefficient lift = 0.[9]

BAB V

METODA NUMERIK PERHITUNGAN TAHANAN

Salah satu pertimbangan dalam merancang kapal adalah meminimkan tahanan kapal. Bentuk-bentuk kapal yang telah dirancang dibandingkan karakteristik tahanan kapalnya. Dan dari bentuk-bentuk tersebut dipilih yang mempunyai tahanan terkecil. Untuk memprediksi tahanan kapal SWATH, yang perlu diperhatikan adalah tahanan akibat hull dan strut, yang meliputi tahanan gelombang dan tahanan gesek. Ini disebabkan bentuk dan ukuran hull dan strut sangat berpengaruh pada besar tahanan kapal SWATH. Bentuk hull dan strut menentukan besar tahanan gelombang, sedangkan luas permukaan basah mempengaruhi besar tahanan gesek.

Perhitungan tahanan untuk masing-masing hull dan strut dilakukan secara terpisah, dengan mengasumsikan bahwa kedua bagian tidak saling berinteraksi.

5.1. PERHITUNGAN TAHANAN GELOMBANG

Tahanan gelombang atau *wave making resistance* adalah tahanan yang disebabkan pemakaian energi untuk pembentukan gelombang gravitasi. Ada beberapa metode teoritis yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti untuk menghitung tahanan gelombang. Dari beberapa metoda tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua bagian.[6]

Metoda pertama, menentukan aliran disekitar lambung dan distribusi tekanan normal. Selanjutnya komponen tekanan ke arah depan dan belakang diintegrasikan meliputi seluruh permukaan lambung.

Metoda kedua, menghitung wave pattern yang dihasilkan kapal pada jarak yang jauh di belakang. Tahanan gelombang selanjutnya ditentukan dari aliran energi yang diperlukan untuk menjaga sistim gelombang.

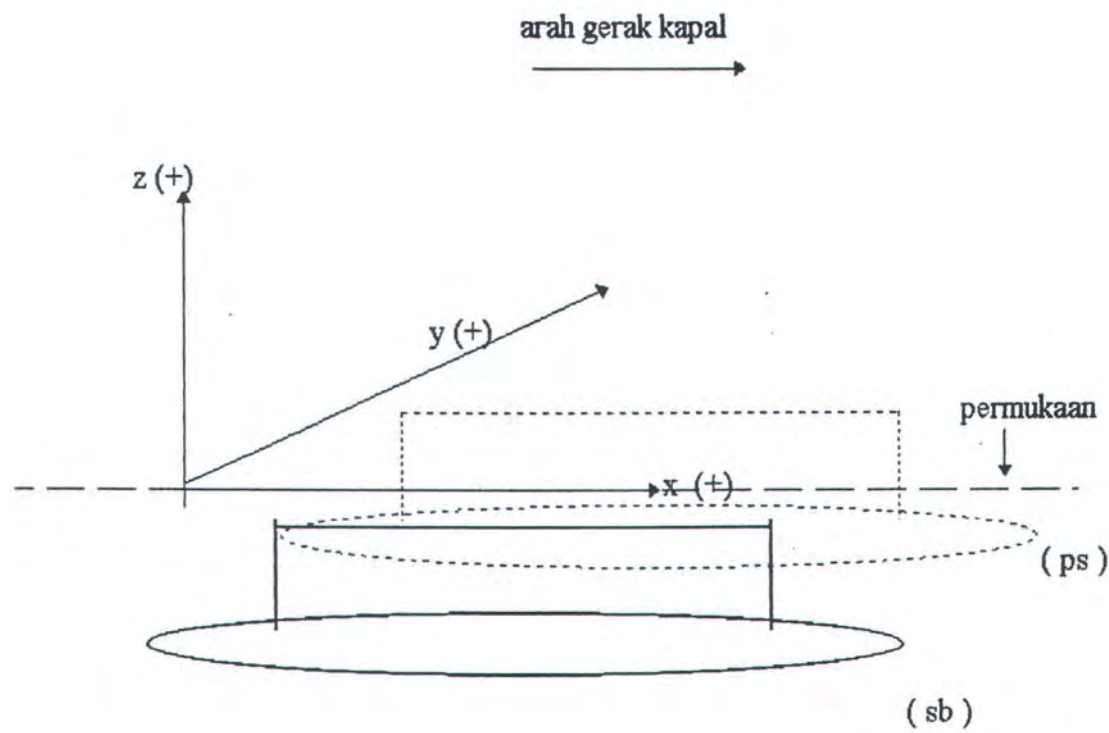
Metoda yang dipakai dalam perhitungan prediksi tahanan kapal SWATH pada Tugas Akhir ini adalah metoda pertama, dalam hal ini memakai formula yang dikembangkan oleh Chapman. Metode ini didasarkan pada *thin ship theory* dengan asumsi bahwa kondisinya sebagai berikut:[7]

- a. Fluida diasumsikan *nonviscous* dan aliran *irrotasional*. Dalam kondisi ini gerakan fluida dapat ditentukan dengan potensial kecepatan Φ , yang mana harus memenuhi kondisi batas yang diperlukan.
- b. Lebar kapal adalah kecil dibandingkan dengan panjangnya ($B/L \ll 1$), sehingga *slope* dari permukaan relatif terhadap bidang garis tengah adalah kecil.
- c. Tinggi gelombang yang dihasilkan kapal adalah kecil dibandingkan dengan panjangnya, sehingga kuadrat dari kecepatan partikel dapat diabaikan dibandingkan dengan kecepatan kapal.
- d. Kapal tidak mengalami *sinkage* atau *trim*.

Kondisi batas yang harus dipenuhi oleh potensial kecepatan adalah :

- a. Pada semua titik pada permukaan lambung, kecepatan normal relatif terhadap lambung harus nol.
- b. Tekanan di segala tempat pada permukaan bebas air harus konstan dan harus sama dengan tekanan atmosfer.

Persamaan yang diterapkan dalam metode ini didasarkan pada sistem koordinat cartesius (x,y,z) yang bergerak bersama dengan gerak kapal, di mana x positif merupakan arah gerak kapal.



Gambar 5.1. Posisi Hull dan Strut pada Sistem Koordinat Cartesius

Hull dan strut memanjang pada sumbu x. Bidang centerline kapal berimpit pada bidang x-z (bidang $y = 0$). Titik origin terletak pada permukaan air laut tenang ($z = 0$ pada permukaan air laut).

Pertama kali, kapal SWATH dianggap mempunyai lambung terbenam tunggal dan diasumsikan bahwa hull dan strut simetri pada bidang tengahnya ($y = 0$). Jika permukaan kapal digambarkan dengan persamaan permukaan [1]

$$y = \pm \eta(x, z) \quad (5.1)$$

Dan kondisi batas pada permukaan kapal adalah

$$v_y = \pm \left(v_x \frac{\delta \eta}{\delta x} + v_z \frac{\delta \eta}{\delta z} \right)_{y=\eta} \quad (5.2)$$

Dengan mengasumsikan bahwa kapal bergerak ke depan dengan kecepatan konstan sebesar c , maka sesuai dengan thin ship teori, kondisi di atas bisa ditulis dengan pendekatan

$$v_y = \pm c \frac{\delta \eta}{\delta x} \quad y=0 \quad (5.3)$$

Bentuk badan kapal digambarkan dengan mendistribusi source pada bidang $y=0$ dengan kekuatan

$$\sigma = -\frac{c}{2\pi} \frac{\delta \eta}{\delta x} \quad (5.4)$$

Untuk twin hull, maka masing-masing permukaan badan kapal digambarkan dengan $\eta(x, y)$ yang mana keseluruhan kapal direpresentasikan dengan sepasang distribusi source pada masing-masing bidang tengahnya ($y = \pm b/2$), di mana b adalah jarak antara dua center line twin hull. Jika kondisi permukaan bebas direpresentasikan dengan persamaan linier

$$\Phi_{zz} + (g/c) \Phi_z = 0, \quad z=0 \quad (5.5)$$

maka akan didapat bahwa wave making resistance dari distribusi source $\sigma(x, y, z)$ adalah

$$R = 16\pi\rho K_o^2 \int_0^\infty (I^2 + J^2) \cosh u \cdot du \quad (5.6)$$

di mana

$$K_o = g/c^2 \quad (5.7)$$

dan

$$I + iJ = \iint \sigma \exp(Ko [i(x \cosh u + y \sinh u \cosh u) + z \cosh u]) ds \quad (5.8)$$

Untuk kasus single hull, persamaan di atas dievaluasi pada $y = 0$ dan

$$\sigma ds = -\frac{c}{2\pi} \frac{\delta \eta}{\delta x} dx dy \quad (5.9)$$

Sedang untuk twin hull, besar tahanan gelombang merupakan penjumlahan dari dua integral tersebut yang dievaluasi pada $y = \pm b/2$. Dari penjumlahan ini dihasilkan persamaan

$$R = 32\pi\rho Ko^2 \int_0^\infty (I^2 + J^2) \cosh u (1 + \cos(Ko.b \sinh u \cosh u)) du \quad (5.10)$$

di mana

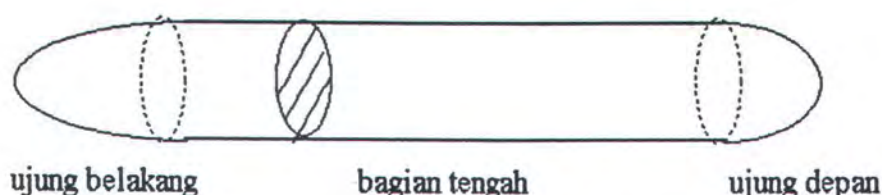
$$I + iJ = \iint \sigma \exp(i Ko x \cosh u + z Ko \cosh^2 u) ds \quad (5.11)$$

Dengan demikian perbedaan antara integrand untuk twin hull dan single hull adalah faktor

$$2(1 + \cos(Ko.b \sinh u \cosh u)) \quad (5.12)$$

5.1.1. TAHANAN GELOMBANG HULL

Tipe hull yang akan dihitung di sini merupakan hull yang mempunyai potongan melintang lingkaran dengan kedua ujungnya berbentuk spheroidal yang dihubungkan dengan bentuk silinder



Gambar 5.2. Bentuk hull SWATH

Dengan menggunakan pendekatan thin ship teori maka diasumsikan bahwa hanya ujung depan dan belakangnya saja yang menimbulkan tahanan gelombang, sehingga perhitungannya hanya meliputi kedua bagian tersebut.

Jika

$$m = Ko \cosh u_k \quad (5.13)$$

maka

$$I_k + iJ_k = \iint \sigma \exp(imx + zm^2 Ko^{-1}) ds \quad (5.14)$$

Dari persamaan (5.9) dan (5.14) diperoleh

$$I_k + iJ_k = -\frac{c}{2\pi} \iint \frac{\delta\eta}{\delta x} \exp(imx + zm^2 Ko^{-1}) dx dz \quad (5.15)$$

Karena lambung terbenam dari kapal SWATH diasumsikan berpenampang lingkaran dan diameter lambung jauh lebih kecil dari panjangnya, maka dengan tingkat akurasi yang sama lambung dapat direpresentasikan dengan line source distribution.

Dalam hal ini integral meliputi z menggunakan penyelesaian sebagai berikut

$$\int \frac{d\eta}{dx} \exp(zm^2 Ko^{-1}) dz = \exp(-fm^2 Ko^{-1}) \int \frac{d\eta}{dx} dz \quad (5.16)$$

$$= \exp(-fm^2 Ko^{-1})^{1/2} \frac{dA}{dx} \quad (5.17)$$

di mana f adalah kedalaman rata-rata hull dan $A(x)$ adalah luas penampang melintang hull, yang merupakan fungsi dari letak memanjangnya (x).

Kontribusi hull pada wave making resistance adalah

$$I_k + iJ_k = -(c/4\pi) \exp(-fm^2 Ko^{-1}) \int \frac{dA}{dx} \exp(imx) dx \quad (5.18)$$

Perlu diperhatikan di sini bahwa persamaan di atas hanya tergantung pada kedalaman rata-rata hull dan distribusi longitudinal dari displacemen. Sebagai contoh, sebuah badan kapal dianggap mempunyai ujung depan yang berbentuk spheroidal dengan persamaan permukaan sebagai berikut

$$(x-x_0)^2/a^2 + [(z-f)^2 + y^2]b^2 = 1 \quad (5.19)$$

Maka luas penampang melintang pada tiap posisi x adalah

$$A(x) = -\pi b^2 (x-x_0)^2/a^2 + \pi b^2 \quad (5.20)$$

dan

$$\frac{dA}{dx} = -2\pi b^2 (x-x_0)/a^2 \quad (5.21)$$

Kontribusi potongan ujung depan ini pada wave making resistance adalah

$$I_k + iJ_k = (b^2 c / 2a^2) \exp(imx_0 - fm^2 Ko^{-1}) \int_0^a x e^{imx} dx \quad (5.22)$$

$$= (b^2 c / 2m^2 a^2) \exp(imx_0 - fm^2 Ko^{-1}) \times [(1 - ima) e^{ima} - 1] \quad (5.23)$$

Sedangkan pada ujung belakang dari $x = x_0$ sampai $x = (x_0 - a)$ dalam bentuk benda putar yang dirumuskan dalam persamaan polinomial

$$(z-f)^2 + \eta^2 = b^2 (1 + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6) \quad (5.24)$$

di mana

$$t = (x_0 - x)/a \quad (5.25)$$

$$a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 = -1 \quad (5.26)$$

Luas penampang menjadi

$$A(x) = \pi b^2 (1 + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6) \quad (5.27)$$

Selanjutnya persamaan (5.18) dapat diuraikan sebagai berikut

$$\begin{aligned} I_k + iJ_k &= (c/4\pi) \exp(imx_0 - fm^2 Ko^{-1}) \int_0^1 \frac{dA}{dt} e^{-imat} dt \\ &= cb^2 \exp(imx_0 - fm^2 Ko^{-1}) \sum_{n=2}^6 na_n \int_0^1 e^{-imat} t^{n-1} dt \\ &= cb^2 \exp(imx_0 - fm^2 Ko^{-1}) \sum_{n=2}^6 n! a_n (ima)^{-n} \times \left(1 - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(ima)^k}{k!} e^{-ima} \right) \end{aligned} \quad (5.28)$$

5.1.2. TAHANAN GELOMBANG STRUT

Strut pada kapal SWATH merupakan contoh yang baik dari teori *thin ship*, karena bentuknya ramping sekali. Bentuk strut diambil berpenampang melintang parabola dengan ketebalan maksimum t dan panjang l , koordinat pusat cord x_0 , dan kedalaman strut z_0 . Harga t/l berkisar antara 7 sampai 16 persen. [1]

Misalkan sebuah strut mempunyai permukaan yang digambarkan sebagai fungsi dari ketebalan maksimum, panjang cord dan letak memanjangnya

$$\eta = \frac{2t}{l^2} \left[l^2 / 4 - (x - x_0)^2 \right] \quad (5.29)$$

dengan batas

$$\begin{aligned}x_0 - l/2 \leq x \leq x_0 + l/2 \\ 0 \leq z \leq -z_0\end{aligned}$$

Turunan pertama dari persamaan (5.29) adalah

$$\frac{\delta \eta}{\delta x} = -4t(x - x_0) / l^2 \quad (5.30)$$

Dari persamaan (5.15) dan (5.30), dengan memasukkan batas integral x dan z , maka kontribusi tahanan gelombang yang diberikan strut adalah

$$\begin{aligned}I_k + iJ_k &= \left(2tc / \pi^2\right) \exp(imx_0) \int_0^{-z_0} \int_{-l/2}^{l/2} x \exp(imx + m^2 z K_0^{-1}) dx dz \\ I_k + iJ_k &= \left(2tK_0 c / \pi n^2\right) \left(1 - \exp(-m^2 z_0 K_0^{-1})\right) \left(\frac{2i}{(ml)^2} \sin \frac{ml}{2} - \frac{i}{ml} \cos \frac{ml}{2}\right)\end{aligned} \quad (5.31)$$

5.2. TAHANAN GESEK

Untuk perhitungan tahanan gesek dipakai rumus yang sudah umum dipakai, yaitu :

$$R = 1/2 C_p V^2 S \quad (5.32)$$

ρ = massa jenis air .

V = kecepatan benda.

S = luas permukaan basah.

C = koefisien tahanan

Koeffisien tahanan gesek menggunakan formula pendekatan yang dirumuskan oleh

ITTC 1957

$$C_f = \frac{0.075}{(\log_{10} Rn - 2)^2} \quad (5.33)$$

Bilangan *Reynold* (Rn) dihitung berdasarkan panjang dari masing-masing komponen seperti hull, strut, fin dan lain-lain.

$$Rn = \frac{VL}{\nu} \quad (5.34)$$

dimana:

V = kecepatan benda

L = panjang komponen

ν = viskositas air (diambil $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}$, harga viskositas air tawar pada suhu 20° C)

Sedangkan untuk perhitungan tahanan bentuknya dipakai persamaan yang sama dengan persamaan tahanan gesek, tetapi koefisiennya yang berbeda. Untuk koefisien tahanan bentuk ini dipakai koefisien tahanan bentuk (*form factor*) yang secara empiris telah di data dari beberapa percobaan di laboratorium. Sedangkan rumus pendekatannya belum diturunkan.

Untuk benda yang stream line atau foil section, *form factor* telah diturunkan dari beberapa seri percobaan. *Form factor* ini sangat ditentukan oleh bentuk bendanya. Hal ini dapat secara jelas dilihat dari gambar 4.3. yang menunjukkan variasi tahanan bentuk dari sebuah bentuk torpedo terhadap harga L/D dan panjang dari *parallel midle body*.

Untuk prediksi tahanan kapal SWATH ini perhitungan tahanan bentuk disatukan dengan perhitungan tahanan geseknya, sehingga koefisiennya nanti merupakan gabungan

dari kedua koefisien ($C = C_f + C_F$)

Harga koefisien bentuk ditentukan sebesar 0.10 untuk hull dan 0.17 untuk strut, sebagai mana yang dipilih Nils Salvesen untuk memprediksi tahanan kapal SWATH dalam programnya [8]

5.3. PROGRAM KOMPUTER PERHITUNGAN

TAHANAN KAPAL SWATH

Dalam prediksi tahanan kapal SWATH diperlukan bantuan komputer untuk mempercepat proses perhitungan dan mengakuratkan hasilnya. Untuk itu formulasi tahanan gelombang dari Chapman terlebih dahulu harus diturunkan dalam perhitungan numerik yang nantinya dapat ditulis kedalam bahasa pemrograman, dalam hal ini digunakan bahasa Pascal.

Program komputer yang digunakan dalam prediksi tahanan ini terdiri dari dua pilihan perhitungan:

- a. Perhitungan Tahanan Hull.
- b. Perhitungan Tahanan Strut.

Kedua perhitungan ini dititikberatkan pada kedua ujung-ujungnya saja, yang meliputi tahanan gelombang dan tahanan gesek.

Untuk hull, bentuk ujungnya dapat divariasi dengan luas penampang lingkaran yang merupakan fungsi polinomial derajat 6 dari sumbu simetrinya. Sedang strut, bentuk ujungnya dibatasi hanya berbentuk parabola dan elips.

5.3.1 INPUT

Input yang diperlukan untuk perhitungan tahanan hull adalah: kecepatan, panjang hull, diameter hull, jarak antar hull dan bentuk hull. Untuk strut inputnya adalah : kecepatan, panjang strut, tebal maksimum strut, jarak antar strut dan bentuk strut.

5.3.1.1 KECEPATAN

Agar menghemat waktu, maka perhitungan tahanan untuk beberapa kecepatan dengan interval tertentu dapat dilakukan dengan sekaligus. Input kecepatan merupakan kecepatan pertama, sedangkan tambahan kecepatan merupakan *increment*, dan jumlah kecepatan merupakan banyaknya data kecepatan.

5.3.1.2. BENTUK HULL DAN STRUT

Yang dimaksudkan adalah bentuk ujung dari hull atau strut.

Untuk hull, disediakan 3 pilihan:

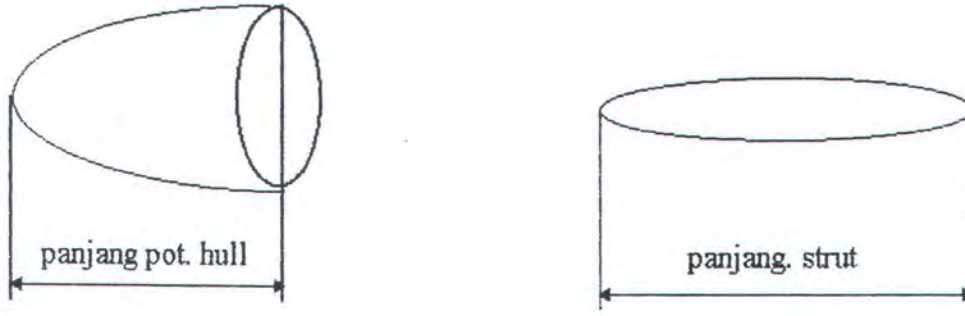
- Paraboloide.
- Ellipsoide.
- Sebarang.

Untuk bentuk paraboloide dan ellipsoide koefisien polinomial luas penampang sudah ditentukan. Sedangkan untuk bentuk sebarang koefisiennya ditentukan sendiri, dengan ketentuan jumlah koefisien sama dengan -1 ($a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 = -1$).

Sedangkan untuk strut bentuknya hanya parabola dan elips saja.

5.3.1.3. PANJANG HULL DAN STRUT

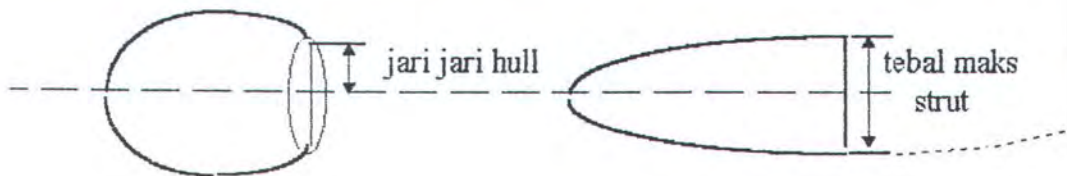
Panjang hull dan yang dimaksud adalah panjang potongan ujung hull dan strut.



Gambar 5.3. Ukuran panjang potongan hull dan strut

5.3.1.4. JARI-JARI HULL DAN TEBAL MAKSIMUM STRUT

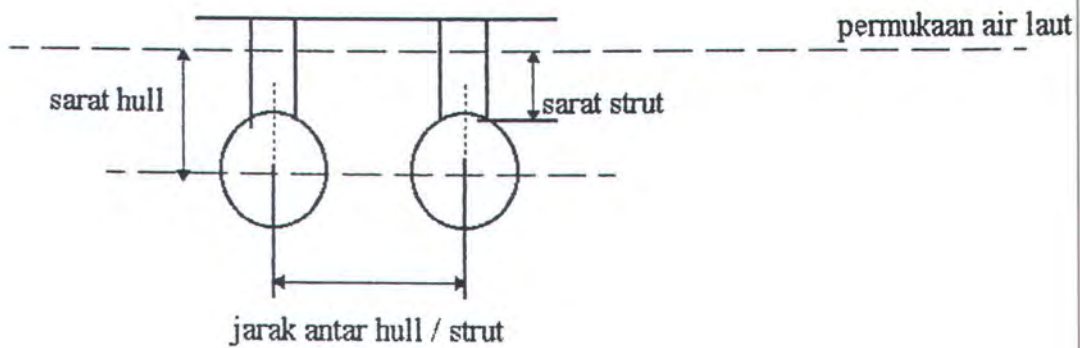
Jari-jari hull adalah jari-jari pada pangkal potongan ujung hull. Sedang tebal maksimum strut adalah tebal terbesar pada strut.



Gambar 5.4. Ukuran jari-jari potongan hull dan tebal maksimum strut

5.3.1.5. SARAT HULL DAN STRUT.

Sarat hull adalah kedalaman sumbu simetri hull, jarak vertikal sumbu simetri hull terhadap permukaan air laut. Sarat strut adalah tinggi strut yang terendam air atau jarak vertikal bagian bawah strut dengan permukaan air laut.



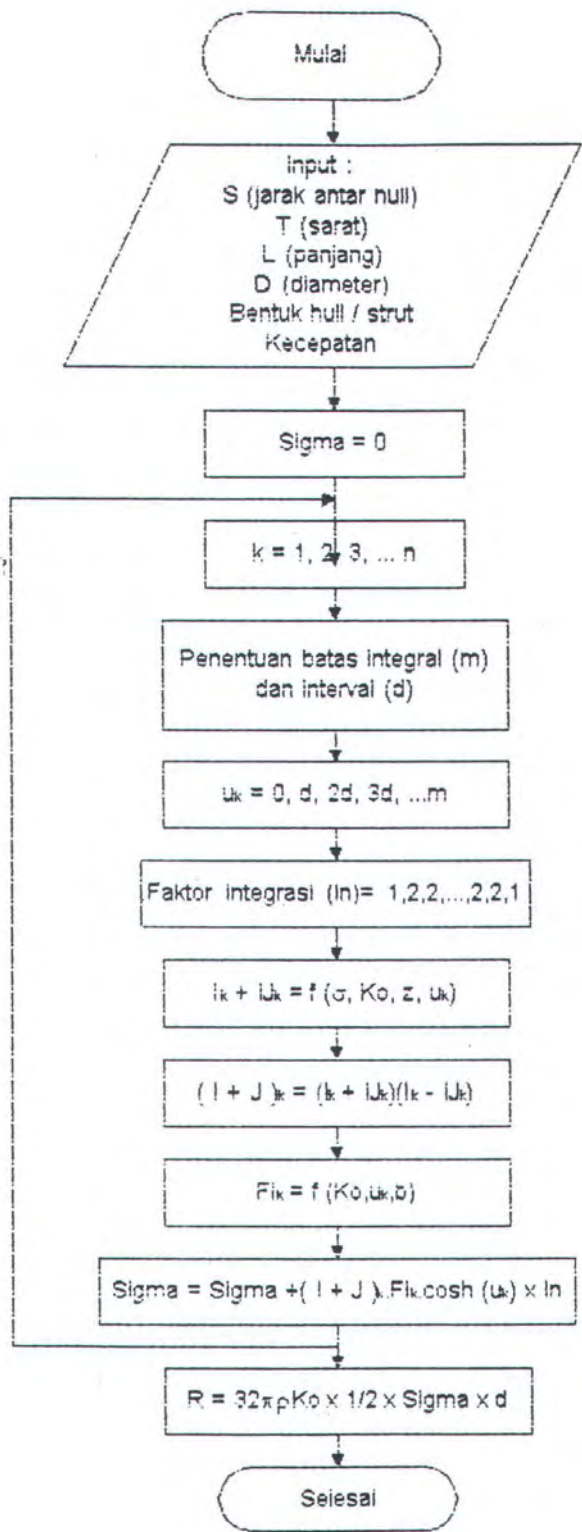
Gambar 5.5. Ukuran sarat dan jarak antar hull / strut

5.3.1.6. JARAK ANTAR HULL ATAU STRUT

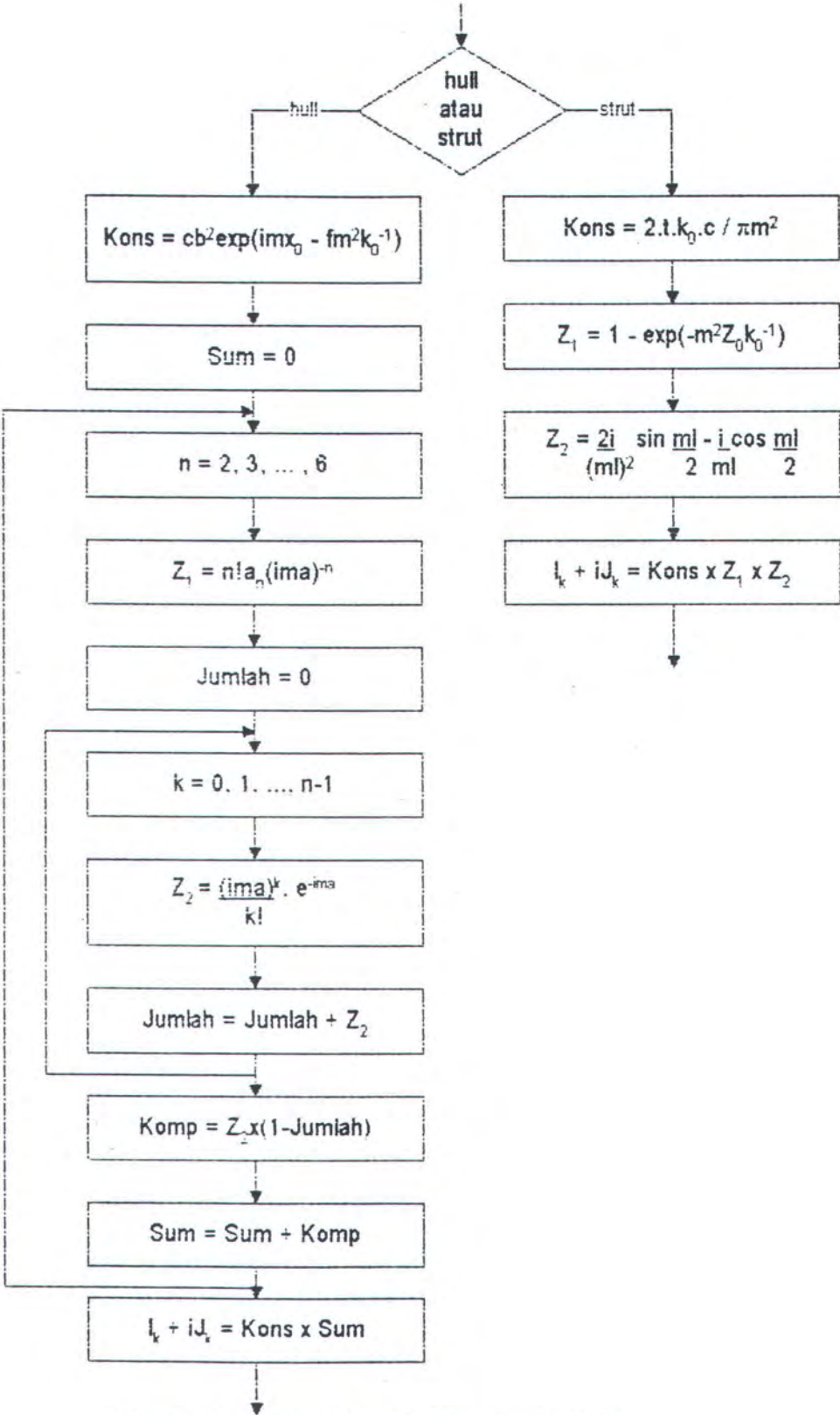
Yang dimaksud jarak antar hull adalah jarak antara kedua sumbu simetri hull, sedang jarak antar strut adalah jarak antara kedua bidang tengah dari strut, seperti ditunjukkan pada gambar 5.5 di atas.

5.3.2. OUTPUT

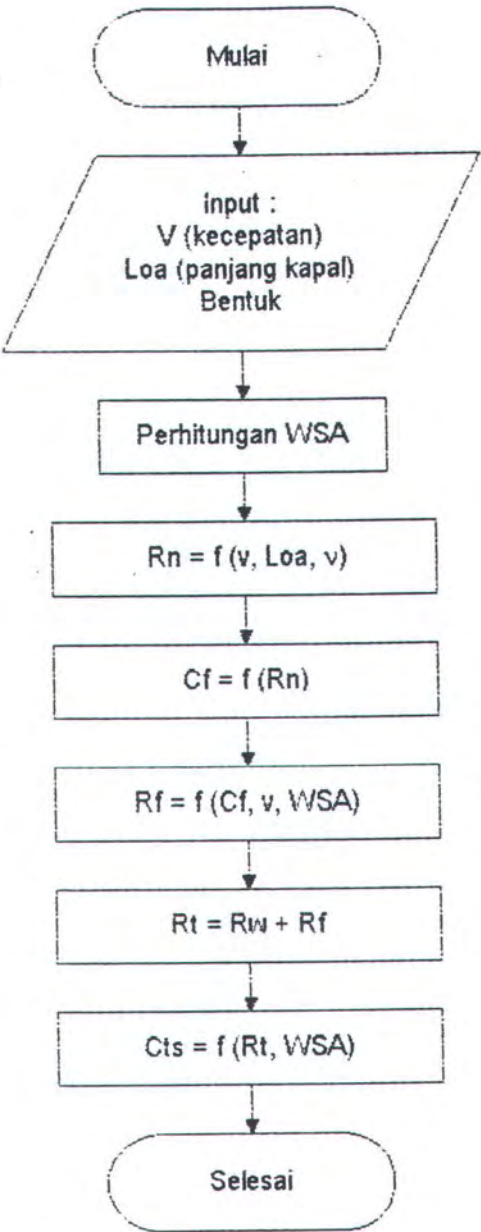
Output utama dari program adalah harga tahanan gelombang dan tahanan gesek, koefisien tahanan total (Cts) pada interval kecepatan tertentu. Selain itu diberikan juga output pendukung yaitu volume hull / strut dan WSA hull / strut untuk pertimbangan pemilihan bentuk hull dan strut. Satuan yang digunakan adalah satuan SI.



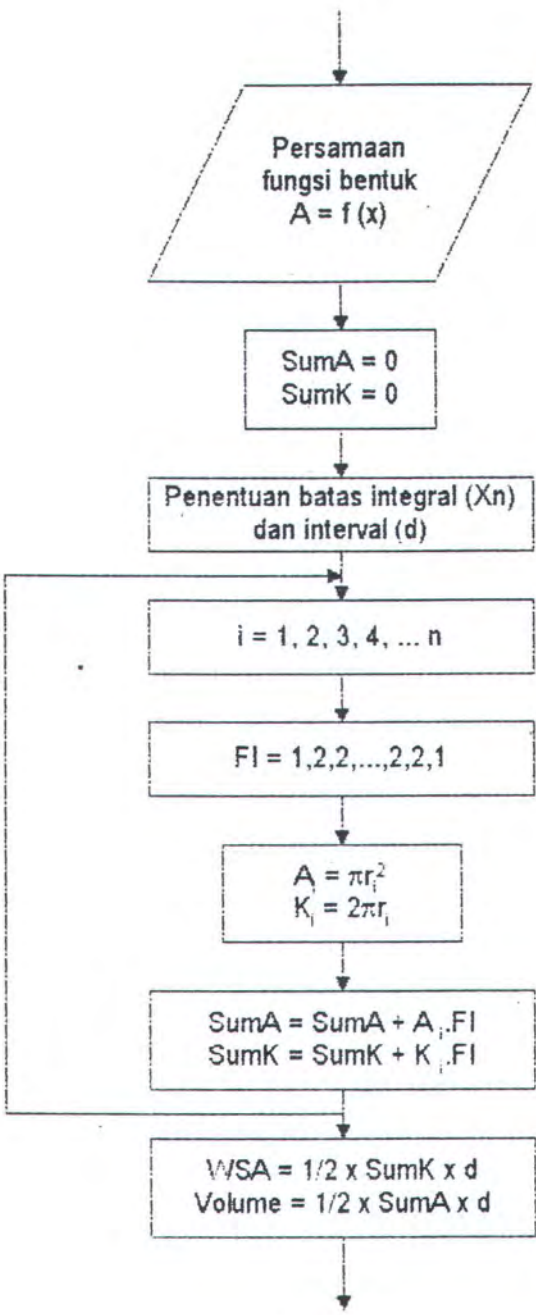
Gambar 5.6. Flowchart Perhitungan Tahanan Gelombang



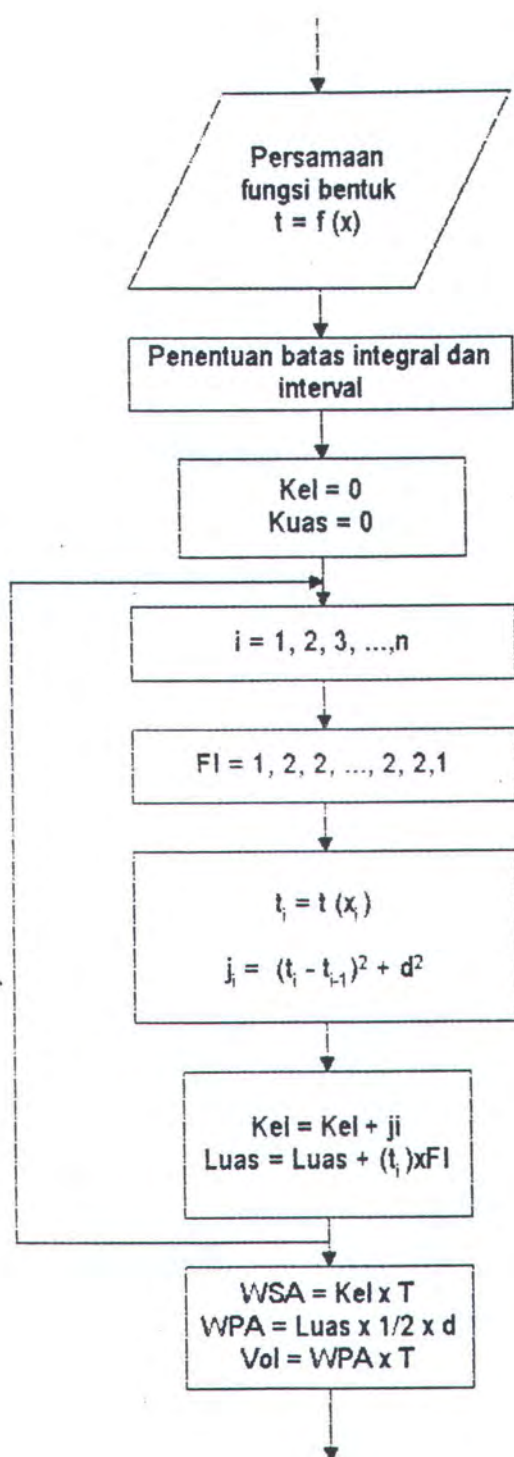
Gambar 5.7. Flowchart Perhitungan $I_k + iJ_k$



Gambar 5.8 Flowchart Perhitungan Tahanan Gesek



Gambar 5.9 Flowchart Perhitungan WSA dan Volume Hull



Gambar 5.10 Flowchart Perhitungan WSA dan Volume Strut

BAB VI

HASIL KOMPUTASI DAN PEMBAHASAN

Komputasi prediksi tahanan kapal SWATH berikut ini dititik beratkan pada bagian hull dan strut, sedang bagian-bagian yang lain, misalnya appendages tidak diikutkan dalam perhitungan. Tahanan hull dan strut dihitung secara terpisah, masing-masing terdiri dari tahanan gelombang dan tahanan gesek yang termasuk di dalamnya adalah tahanan bentuk. Untuk perhitungan ini diperlukan beberapa data kapal, antara lain: bentuk, panjang, diameter (hull) atau tebal (strut), jarak twin hull, kecepatan kapal, dan sarat kapal.

6.1 STUDI KASUS

Sebagai studi kasus diambil model SWATH3 yang digunakan oleh Chun dalam studi eksperimental mengenai tahanan kapal SWATH. Data model tersebut adalah sebagai berikut :

- Panjang Hull (L_b)	=	1.51	m
- Diameter Hull (D_{ib})	=	0.0892	m
- Panjang Strut (L_s)	=	1.155	m
- Tebal maksimum Strut (T_m)	=	0.05	m
- L_b / D_{ib}	=	16.93	m
- C_p Hull	=	0.9	
- C_{wp} Strut	=	0.88	

- Kelangsingan Strut (T_m / L_s)	=	0.033	
- Sarat (T)	=	$2.0 D_{i_b} = 0.1784$	m
- Kedalaman Strut (D_s)	=	0.0892	
- SDBC (h)	=	0.1338	m
- WSA (S)	=	0.55039	m ²
- Displasemen (∇)	=	0.01305	m ²
- Konfigurasi Strut	=	Single Strut	
- $H_1 = 2h/D_{i_b}$	=	3.0	

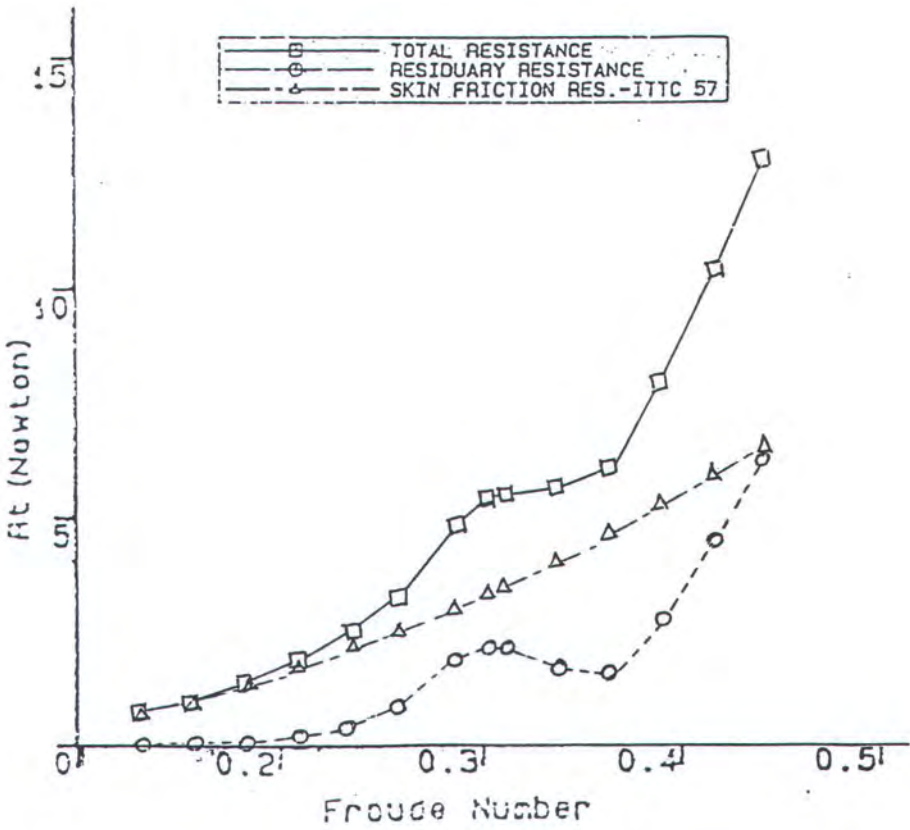
Hull dari model ini berpenampang melintang lingkaran dengan ujung belakang berbentuk paraboloide dan ujung depan berbentuk elipsoide. Sedang bagian tengahnya berbentuk silinder. Strutnya mempunyai tebal dan panjang yang konstan pada arah vertikal. Ujung depan dan belakang strut berbentuk parabola, sedang bagian tengah lurus.

Eksperimen model ini dilaksanakan di Hydrodynamic Laboratory of Glasgow University, yang mempunyai panjang 77 m, lebar 4.6 m dan kedalaman 2.4 m. Pada kasus ini model ditarik dengan mode Captive, yaitu model ditahan sedemikian hingga tidak bebas melakukan gerakan *heaving*, *pitching*.

Untuk prediksi tahanan model ini dilakukan lima kali perhitungan, meliputi : ujung depan hull, bagian tengah hull, ujung belakang hull, ujung strut dan bagian tengah strut. Kecepatan yang dipakai antara 0.5 m/dt dan 1.7 m/dt, dengan penambahan 0.15 m/dt. Dari data eksperimen serta perhitungan tersebut dihasilkan data sebagai berikut:

U(m/s)	FN	RN/10 ⁶	RT(N)	CT.V	CT.S	RR (N)	CR.V	CR.S
0.511	0.133	0.677	0.667	0.0581	0.0046	-0.094	-0.0081	-0.0007
0.608	0.158	0.806	0.934	0.0575	0.0046	-0.101	-0.0062	-0.0005
0.706	0.183	0.936	1.401	0.0640	0.0051	0.052	0.0024	0.0002
0.807	0.210	1.070	1.877	0.0656	0.0052	0.165	0.0058	0.0005
0.900	0.234	1.193	2.446	0.0687	0.0055	0.367	0.0103	0.0008
1.000	0.260	1.326	3.292	0.0749	0.0060	0.783	0.0178	0.0014
1.106	0.287	1.466	4.839	0.0900	0.0072	1.836	0.0341	0.0027
1.170	0.304	1.551	5.449	0.0906	0.0072	2.127	0.0354	0.0028
1.201	0.312	1.592	5.560	0.0877	0.0070	2.079	0.0328	0.0026
1.303	0.339	1.727	5.645	0.0756	0.0060	1.617	0.0217	0.0017
1.403	0.365	1.860	6.103	0.0705	0.0056	1.504	0.0174	0.0014
1.505	0.391	1.995	7.913	0.0795	0.0064	2.697	0.0271	0.0022
1.610	0.418	2.134	10.342	0.0908	0.0073	4.455	0.0391	0.0031
1.706	0.443	2.262	12.788	0.1000	0.0080	6.255	0.0489	0.0039

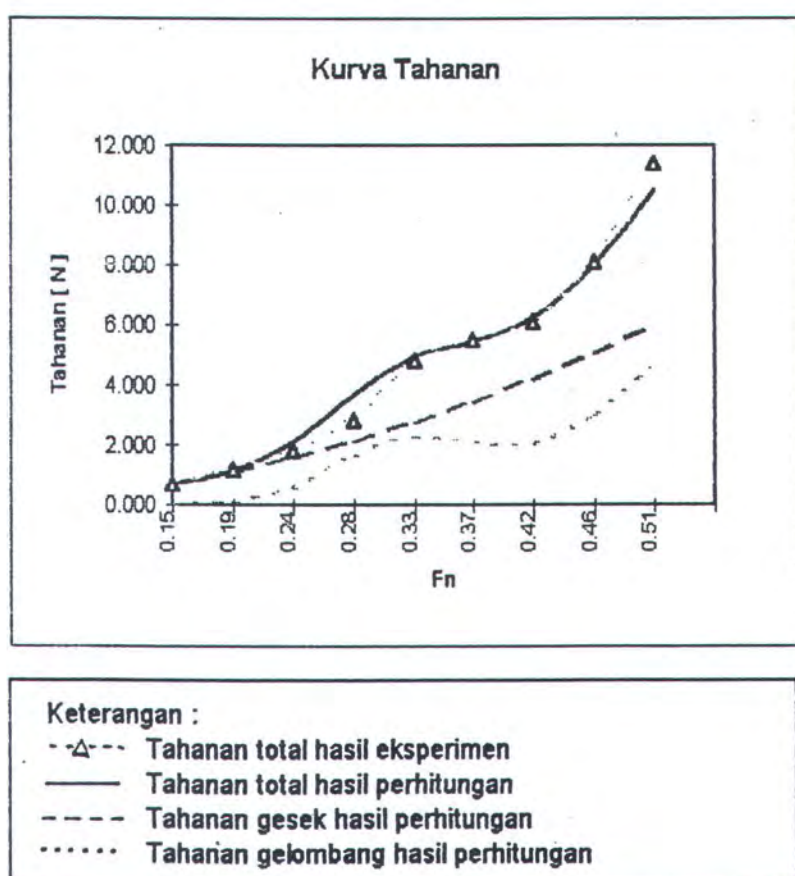
Tabel 6.1 Tahanan SWATH3-C1 Hasil Eksperimen



Gambar 6.1 Kurva Tahanan SWATH3-C1 Hasil Eksperimen

Kec [m/dt]	Fn	Perhitungan			Eks
		Rf [N]	Rw [N]	Rt [N]	Rt [N]
0.50	0.15	0.668	0.011	0.679	0.660
0.65	0.19	1.065	0.053	1.118	1.200
0.80	0.24	1.541	0.560	2.101	1.800
0.95	0.28	2.095	1.594	3.689	2.800
1.10	0.33	2.724	2.221	4.945	4.800
1.25	0.37	3.426	2.038	5.464	5.500
1.40	0.42	4.200	2.012	6.212	6.100
1.55	0.46	5.043	2.963	8.006	8.100
1.70	0.51	5.956	4.549	10.505	11.400

Tabel 6.2 Tahanan hasil eksperimen (R_t) dan hasil perhitungan (R_w , R_f dan R_t)



Gambar 6.2 Tahanan total hasil eksperimen dan perhitungan

Pada kurva tahanan gelombang hasil perhitungan terdapat lekukan pada kecepatan tertentu yang disebut *hollow* dan *hump*. Gejala ini terjadi karena adanya interferensi gelombang yang disebabkan adanya *twin hull*. Interferensi ini pada suatu kecepatan tertentu saling menguatkan atau saling melemahkan. Untuk kecepatan rendah tahanan total didominasi oleh tahanan gesek, dan dominasi ini berangsur-angsur berkurang hingga pada kecepatan tinggi ($F_n = 0.5$) dominasi ini menjadi berimbang.

Dari hasil perhitungan dan eksperimen terlihat bahwa pada kecepatan rendah tahanan hasil perhitungan lebih besar dari pada tahanan hasil eksperimen. Sebaliknya pada kecepatan tinggi, tahanan hasil perhitungan lebih kecil dari pada hasil eksperimen. Hal ini disebabkan karena perhitungan tahanan hull dan strut dilakukan secara terpisah. Pada kenyataannya permukaan dari hull bagian atas sebagian tertutup strut. Tetapi karena perhitungannya terpisah maka luas permukaan hull dianggap tetap utuh, sehingga WSA perhitungan lebih besar dari pada WSA kenyataannya. Hal inilah yang menimbulkan tahanan hasil perhitungan lebih besar dari pada tahanan hasil eksperimen. Selain itu perbedaan ini juga disebabkan pada kenyataannya terjadi *spray drag* yang dihasilkan oleh strut, terutama pada kecepatan tinggi [2]. Sedangkan pada perhitungan hal ini tidak diperhatikan. Sehingga pada kecepatan tinggi nilai tahanan hasil eksperimen lebih besar dari hasil perhitungan. Di samping itu juga disebabkan adanya kelemahan pada formulanya sendiri, yang mana dalam penurunannya sering memakai asumsi-asumsi yang tidak sesuai dengan kondisi realnya.

Akan tetapi karena perbedaan-perbedaan tersebut relatif kecil, maka perbedaan tersebut bisa ditolerir, dan formula perhitungan tersebut dapat dianggap valid untuk perhitungan-perhitungan yang lain.

6.2. PENGARUH PARAMETER HULL PADA TAHANAN KAPAL SWATH

Sebelumnya perlu dijelaskan bahwa yang dimaksud dengan hull disini adalah potongan ujung hull, yang merupakan karakteristik dari suatu bentuk hull secara keseluruhan.

Sedangkan parameternya meliputi :

a. Kecepatan (V) :

antara 2,0 m/dt sampai dengan 6,0 m/dt , atau $F_n = 0,193$ sampai dengan 0,578.

b. Perbandingan panjang terhadap diameter hull (L/D) :

antara 2,5 sampai dengan 5,0.

c. Sarat (T) :

antara 0,8 m sampai dengan 2,4 m

d. Jarak hull (S) :

antara 3,0 m sampai dengan 5,0 m.

e. Bentuk potongan ujung hull :

elips dan parabola.

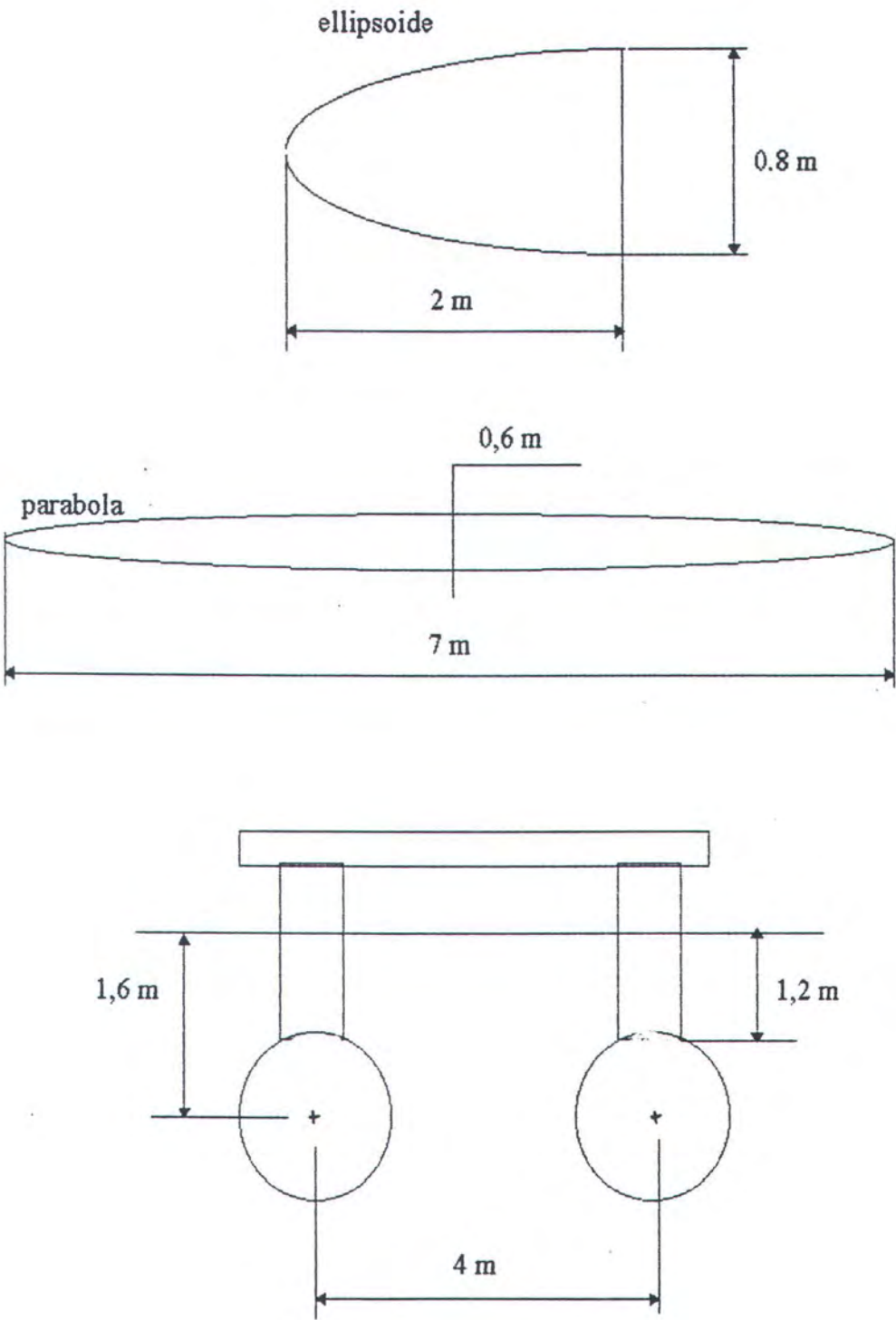
Jika suatu parameter dijadikan sebagai variabel maka parameter-parameter yang lain dibuat sesuai dengan ukuran standar.

Pot.Ujung Hull :

$L = 2 \text{ m}$, $D = 0,8 \text{ m}$, $T = 1,6 \text{ m}$, $S = 4 \text{ m}$, Bentuk = ellipsoide.

Strut :

$L = 7 \text{ m}$, $t = 0,6 \text{ m}$, $T = 1,2 \text{ m}$, $S = 4 \text{ m}$, Bentuk = parabola.



Gambar 6.3 Ukuran Standar Model Komputasi

6.2.1. PENGARUH KECEPATAN PADA TAHANAN HULL

Untuk mengetahui pengaruh kecepatan pada tahanan hull telah dilakukan beberapa perhitungan dengan variasi 9 harga kecepatan mulai 2,0 m/dt sampai dengan 6,0 m/dt dengan pertambahan 0,15 m/dt, atau antara $Fn = 0,193$ sampai dengan $Fn = 0,578$. Dari interval ini diharapkan dapat diketahui karakteristik tahanan hull pada kecepatan rendah, sedang dan tinggi.

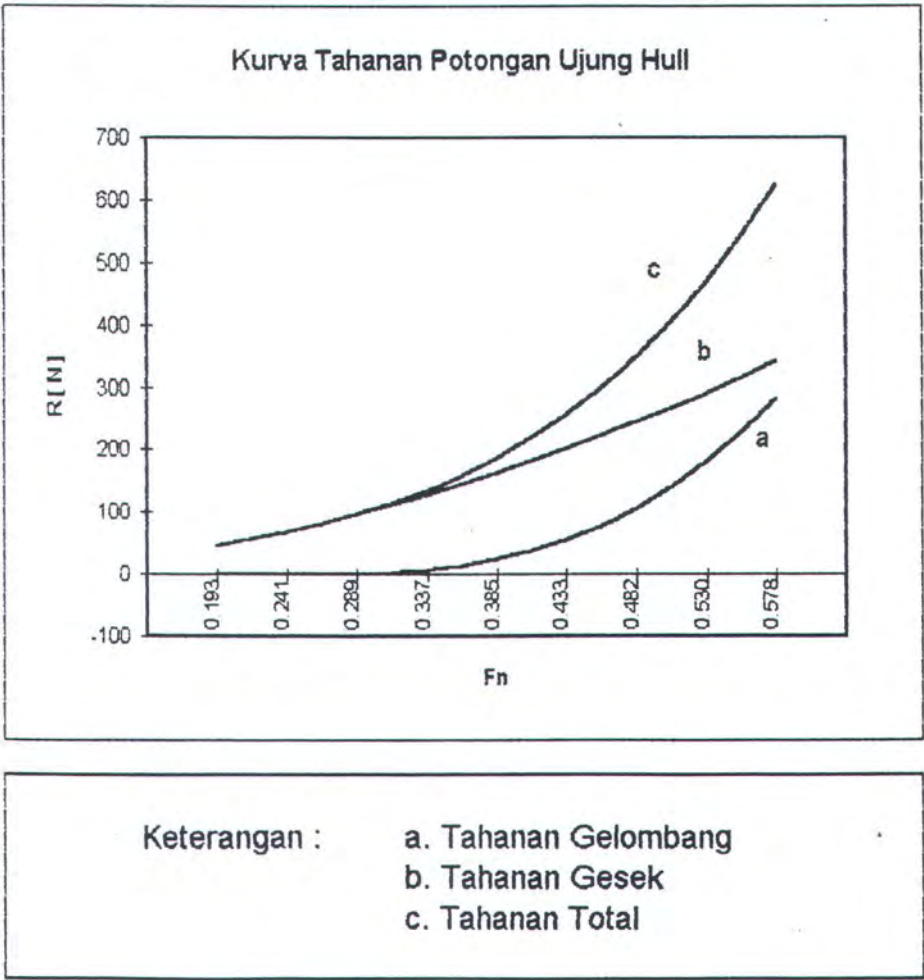
Adapun data dari potongan hull adalah sebagai berikut:

- Bentuk	=	elipsoide.
- Panjang (L)	=	2,0 m.
- Diameter (D)	=	0,8 m
- Volume	=	1,3 m ³
- WSA	=	7,8 m ²
- Sarat	=	1,6 m
- Jarak hull	=	4,0 m
- L/D	=	2,5

Dari hasil perhitungan secara umum dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan semakin besar tahanannya, dengan pertambahan yang semakin besar. Pada kecepatan rendah komposisi tahanan total didominasi oleh tahanan gesek. Prosentasi ini berangsur-angsur berkurang dengan bertambahnya kecepatan, hingga pada kecepatan tinggi tahanan gelombang dan tahanan gesek menjadi seimbang.

Kec [m/dt]	Fn	Rw [N]	Rf [N]	Rt [N]
2.00	0.193	0.0	45.1	45.1
2.50	0.241	0.1	67.9	68.0
3.00	0.289	1.4	95.1	96.5
3.50	0.337	7.3	126.3	133.6
4.00	0.385	23.8	161.6	185.4
4.50	0.433	54.6	200.9	255.5
5.00	0.482	105.7	244.1	349.8
5.50	0.530	180.3	291.2	471.5
6.00	0.578	280.9	342.1	623.0

Tabel 6.3 Tahanan Potongan Ujung Hull



Gambar 6.4 Kurva Tahanan Potongan Ujung Hull

6.2.2. PENGARUH PERBANDINGAN PANJANG TERHADAP DIAMETER PADA TAHANAN HULL

Parameter L/D menunjukkan tingkat keruncingan potongan ujung hull. Semakin besar L/D semakin runcing, sebaliknya semakin kecil L/D semakin tumpul. Untuk perhitungan ini parameter diameter (D) dibuat tetap, sedangkan panjang potongan hull (L) dibuat berubah.

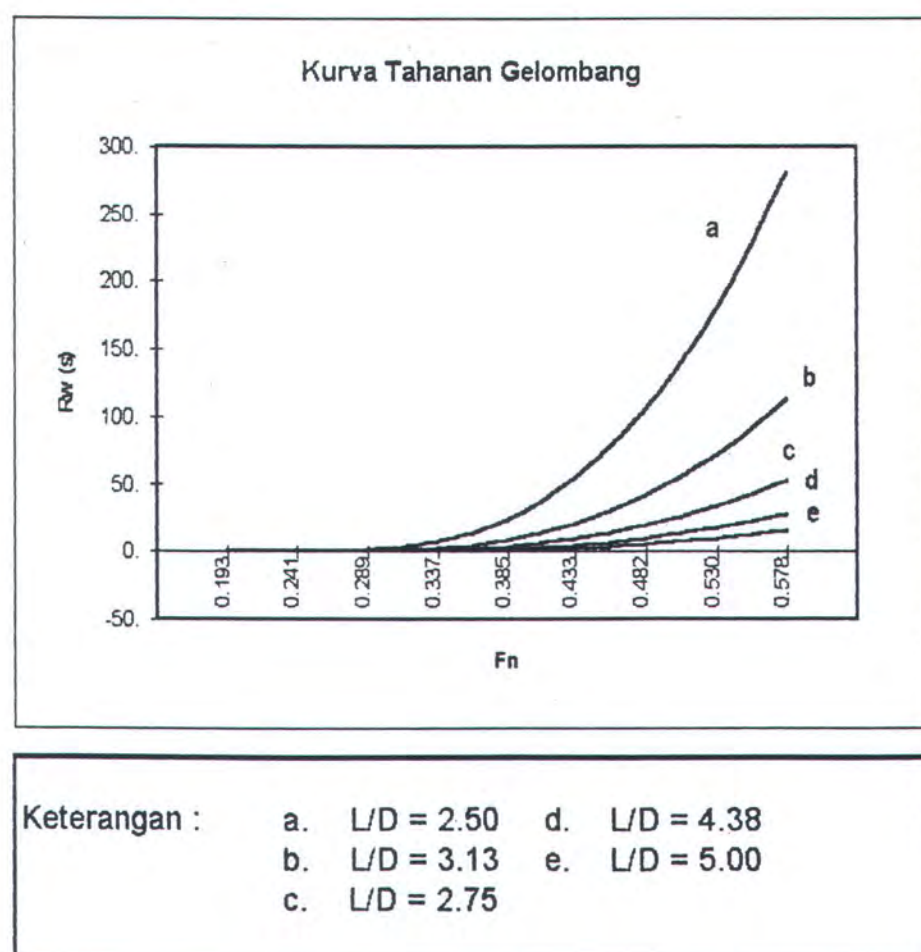
Data potongan ujung hull :

- Bentuk	=	elipsoide
- Panjang	=	2 -- 4 m
- Diameter (D)	=	0,8 m
- Volume	=	1,34 -- 2,67 m ³
- WSA	=	7,8 -- 15,6 m ²
- Sarat	=	1,6 m
- Jarak hull	=	4 m
- L/D	=	2,5 -- 5,0.

Dari beberapa perhitungan tahanan hull dengan variasi panjang potongan hull diperoleh data-data sebagai berikut :

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]				
		L/D = 2.5	L/D = 3.13	L/D = 3.75	L/D = 4.38	L/D = 5
2.00	0.193	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.50	0.241	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00	0.289	1.4	0.4	0.1	0.1	0.0
3.50	0.337	7.3	2.5	0.9	0.4	0.2
4.00	0.385	23.8	8.6	3.7	1.7	0.8
4.50	0.433	54.6	20.9	9.4	4.6	2.4
5.00	0.482	105.7	41.4	18.9	9.6	5.2
5.50	0.530	180.3	71.6	33.3	17.2	9.5
6.00	0.578	280.9	112.5	52.8	27.6	15.6

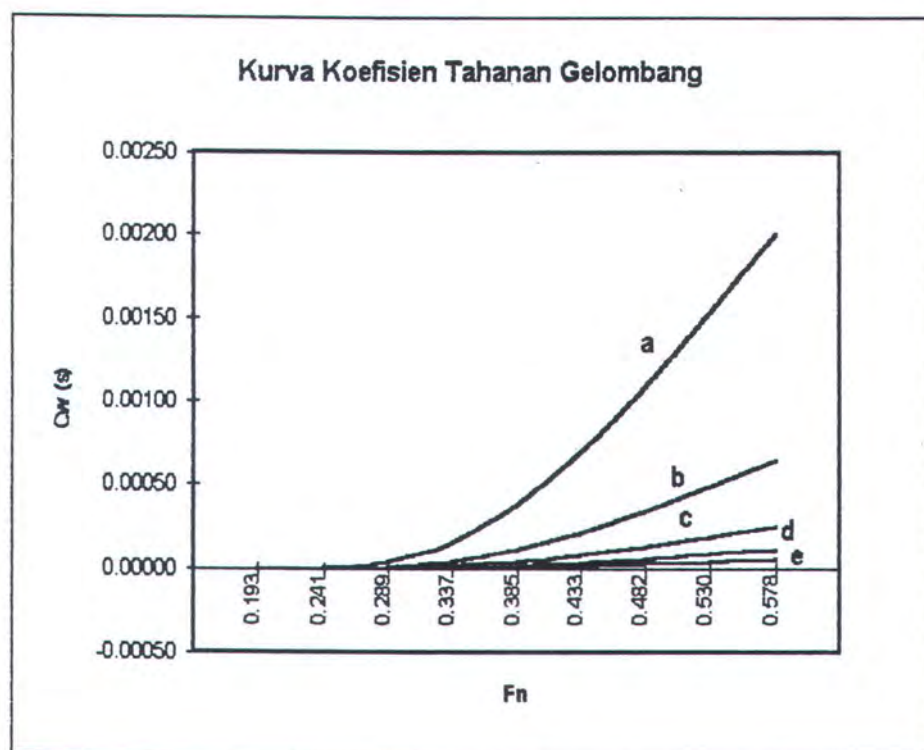
Tabel 6.4 Tahanan gelombang pot. ujung hull
dengan $L/D = 2.5 - 5.0$



Gambar 6.5 Kurva Tahanan Gelombang Ujung Hull
dengan $L/D = 2.50 - 5.00$

Kec [m/dt]	Fn	CWs				
		L/D = 2.5	L/D = 3.13	L/D = 3.75	L/D = 4.38	L/D = 5
2.00	0.193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.50	0.241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3.00	0.289	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3.50	0.337	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4.00	0.385	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4.50	0.433	0.0007	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
5.00	0.482	0.0011	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000
5.50	0.530	0.0015	0.0005	0.0002	0.0001	0.0000
6.00	0.578	0.0020	0.0006	0.0003	0.0001	0.0001

Tabel 6.5 Koefisien tahanan gelombang pot. ujung hull
dengan $L/D = 2.5 - 5.0$



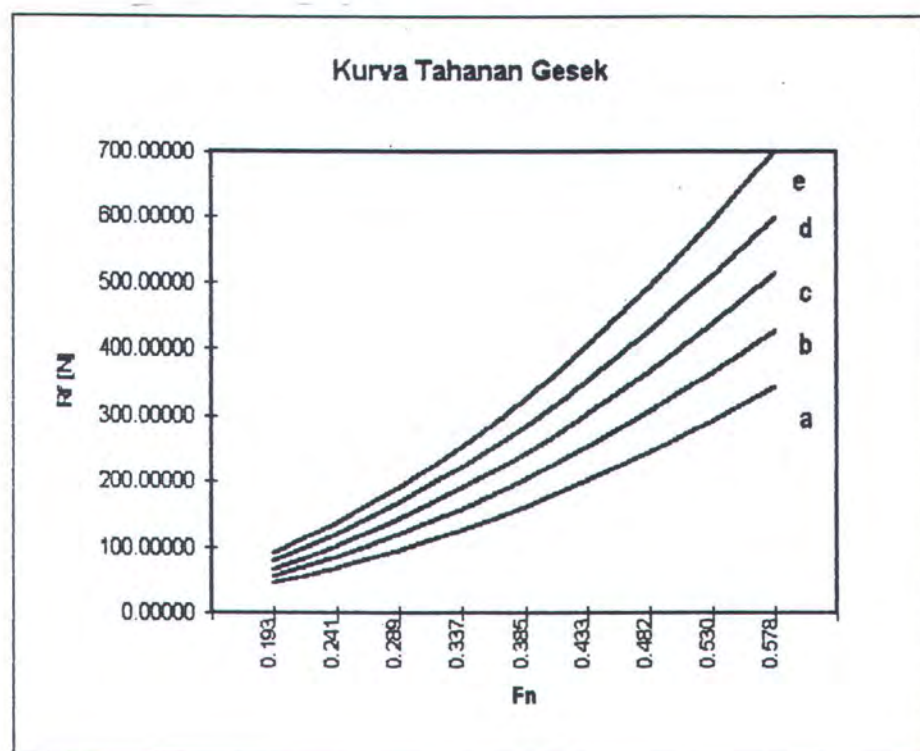
Keterangan :

a. $L/D = 2.50$	d. $L/D = 4.38$
b. $L/D = 3.13$	e. $L/D = 5.00$
c. $L/D = 2.75$	

Gambar 6.6. Kurva Koefisien Tahanan Gelombang Ujung Hull
dengan $L/D = 2.50 - 5.00$

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]				
		L/D = 2.5	L/D = 3.13	L/D = 3.75	L/D = 4.38	L/D = 5
2.00	0.193	45.1	56.3	67.0	78.9	90.2
2.50	0.241	67.9	84.9	101.9	118.9	135.9
3.00	0.289	95.1	118.8	142.6	166.4	190.2
3.50	0.337	126.3	157.9	189.5	221.2	252.9
4.00	0.385	161.6	202.1	242.5	282.9	324.2
4.50	0.433	200.9	251.2	301.4	351.7	404.3
5.00	0.482	244.1	305.2	366.2	427.3	493.6
5.50	0.530	291.2	364.0	436.8	509.6	592.0
6.00	0.578	342.1	427.6	513.2	598.7	699.8

Tabel 6.6 Tahanan Gesek Potongan ujung hull
dengan $L/D = 2.5 - 5.0$



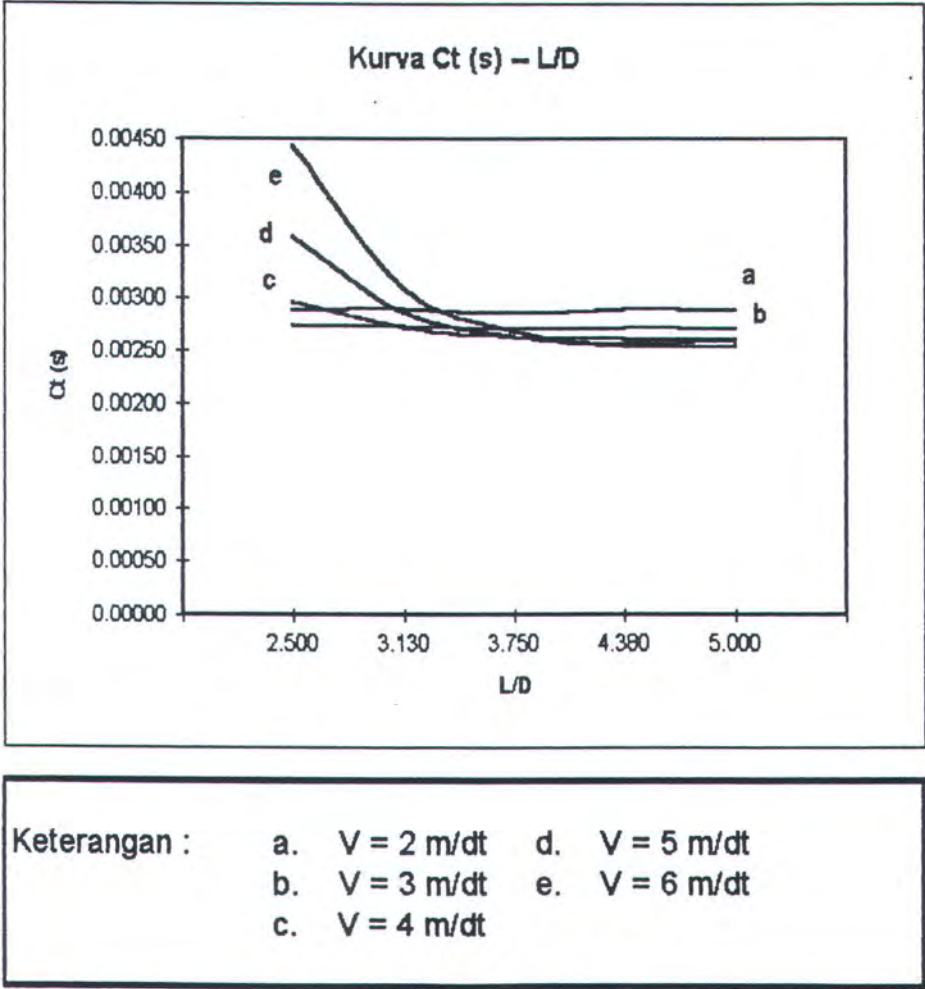
Keterangan :

a. $L/D = 2.50$	d. $L/D = 4.38$
b. $L/D = 3.13$	e. $L/D = 5.00$
c. $L/D = 2.75$	

Gambar 6.7 Kurva Tahanan Gelombang Ujung Hull
dengan $L/D = 2.50 - 5.00$

L / D	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
2.500	0.0029	0.0027	0.0030	0.0036	0.0044
3.130	0.0029	0.0027	0.0027	0.0029	0.0031
3.750	0.0029	0.0027	0.0026	0.0026	0.0027
4.380	0.0029	0.0027	0.0026	0.0026	0.0026
5.000	0.0029	0.0027	0.0026	0.0026	0.0025

Tabel 6.9 Koefisien Tahanan Total Pot. ujung hull dengan $L/D = 2.5 - 5.0$



Gambar 6.10 Kurva C_t (s) -- L/D dengan $L/D = 2.50 - 5.00$

Dari tabel dan grafik terlihat bahwa semakin besar L/D semakin kecil tahanan gelombangnya. Hal ini disebabkan semakin besar L/D semakin kecil gradien luas penampang, dan ini menyebabkan kecilnya gangguan pada aliran, sehingga gelombang yang ditimbulkan pun menjadi kecil. Sedang untuk tahanan gesek, semakin besar L/D semakin besar tahanan geseknya. Karena semakin besar L/D dengan D yang tetap, maka semakin besar pula WSA . Dengan demikian tahanan gesek menjadi lebih besar

Pada kecepatan rendah ($Fn = 0,193 -- 0,289$) koefisien tahanan total (C_{t_s}) hampir sama, semakin besar kecepatan semakin nampak perbedaannya, semakin besar L/D semakin kecil C_{t_s} nya. Pada harga L/D yang besar (4,38) harga C_{t_s} mendekati konstan terhadap penambahan harga L/D untuk tiap-tiap kecepatan. Hal ini disebabkan pada harga L/D yang besar tahanan total lebih didominasi oleh tahanan gesek.

6.2.3. PENGARUH SARAT PADA TAHANAN HULL

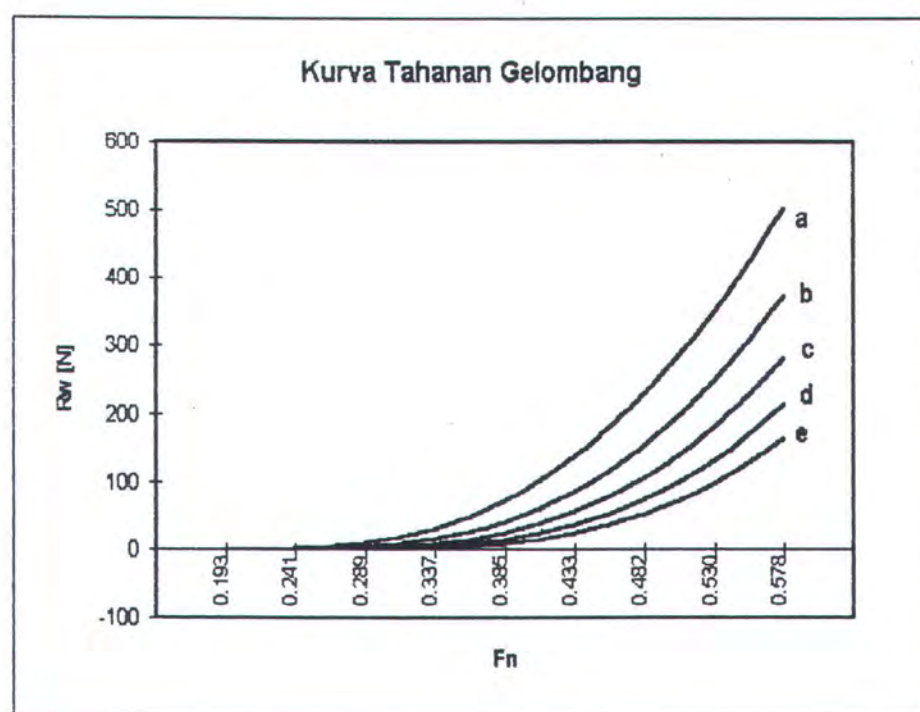
Untuk ini dilakukan perhitungan dengan data sebagai berikut :

Data potongan ujung hull :

- Bentuk	=	elipsoide
- Panjang	=	2 m
- Diameter (D)	=	0,8 m
- Volume	=	1,34 m ³
- WSA	=	7,8 m ²
- Sarat	=	0,8 -- 2,4 m
- Jarak hull	=	4 m
- L/D	=	2,5

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]				
		T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m	T = 2.4 m
2.00	0.193	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
2.50	0.241	1.3	0.3	0.1	0.0	0.0
3.00	0.289	9.0	3.4	1.4	0.5	0.2
3.50	0.337	30.5	14.7	7.3	3.7	1.8
4.00	0.385	71.9	40.4	23.8	13.5	7.9
4.50	0.433	137.3	85.6	54.6	35.2	22.8
5.00	0.482	229.4	154.2	105.7	73.3	51.1
5.50	0.530	350.9	249.0	180.3	131.8	97.0
6.00	0.578	502.6	372.2	280.9	214.0	164.0

Tabel 6.10 Tahanan Gelombang Potongan ujung hull dengan sarat (T) 0.8 – 2.4 m



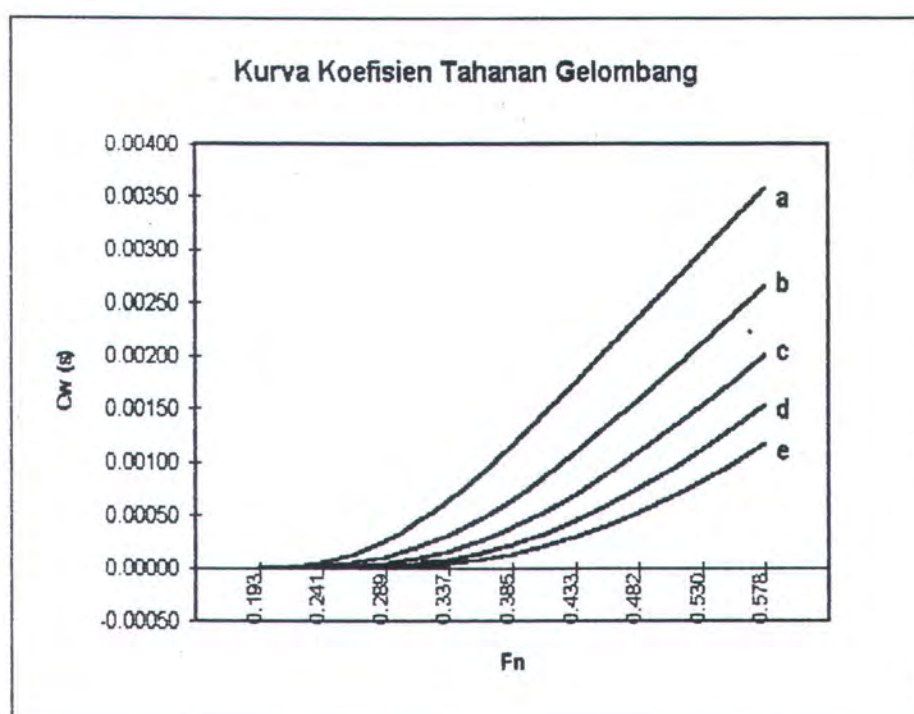
Keterangan :

a. T = 0.8 m	d. T = 2.0 m
b. T = 1.2 m	e. T = 2.4 m
c. T = 1.6 m	

Gambar 6.11 Kurva Tahanan Gelombang Pot. Ujung Hull dengan sarat (T) = 0.8 – 2.4 m

Kec [m/dt]	Fn	CWs				
		T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m	T = 2.4 m
2.00	0.193	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.50	0.241	0.00005	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000
3.00	0.289	0.00026	0.00010	0.00004	0.00001	0.00001
3.50	0.337	0.00064	0.00031	0.00015	0.00008	0.00004
4.00	0.385	0.00115	0.00065	0.00038	0.00022	0.00013
4.50	0.433	0.00174	0.00108	0.00069	0.00045	0.00029
5.00	0.482	0.00235	0.00158	0.00108	0.00075	0.00052
5.50	0.530	0.00297	0.00211	0.00153	0.00112	0.00082
6.00	0.578	0.00358	0.00265	0.00200	0.00152	0.00117

Tabel 6.11 Koefisien Tahanan Gelombang Potongan ujung hull dengan sarat (T) 0.8 – 2.4 m



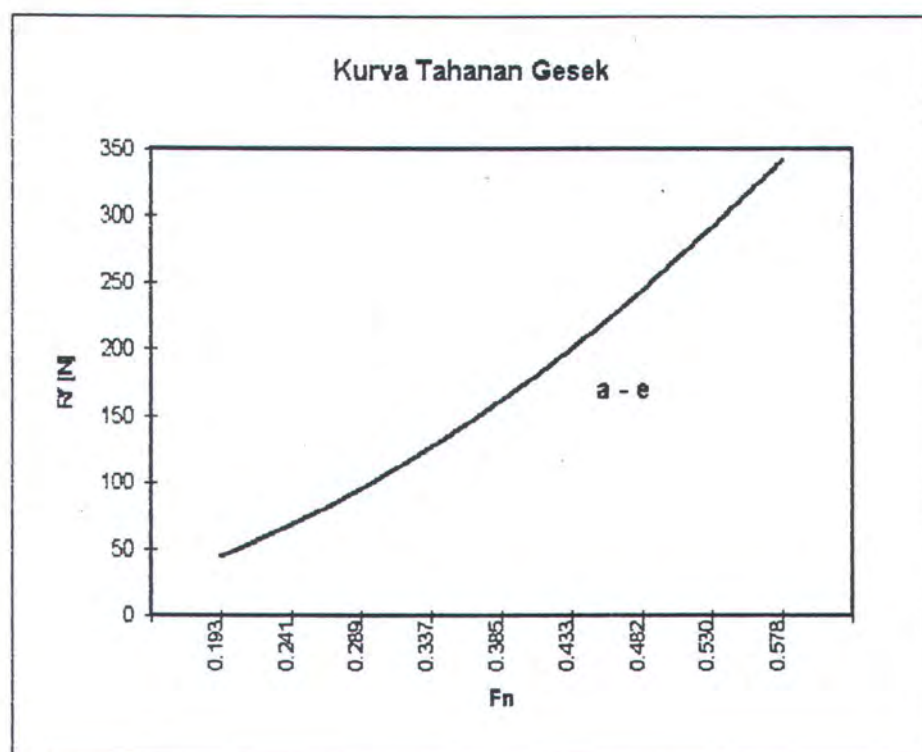
Keterangan :

a. T = 0.8 m	d. T = 2.0 m
b. T = 1.2 m	e. T = 2.4 m
c. T = 1.6 m	

Gambar 6.12 Kurva Koefisien Tahanan Gelombang Pot. Ujung Hull dengan sarat (T) = 0.8 — 2.4 m

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]				
		T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m	T = 2.4 m
2.00	0.193	45.1	45.1	45.1	45.1	45.1
2.50	0.241	67.9	67.9	67.9	67.9	67.9
3.00	0.289	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1
3.50	0.337	126.3	126.3	126.3	126.3	126.3
4.00	0.385	161.6	161.6	161.6	161.6	161.6
4.50	0.433	200.9	200.9	200.9	200.9	200.9
5.00	0.482	244.1	244.1	244.1	244.1	244.1
5.50	0.530	291.2	291.2	291.2	291.2	291.2
6.00	0.578	342.1	342.1	342.1	342.1	342.1

Tabel 6.12 Tahanan Gesek Potongan ujung hull dengan sarat (T) 0.8 – 2.4 m



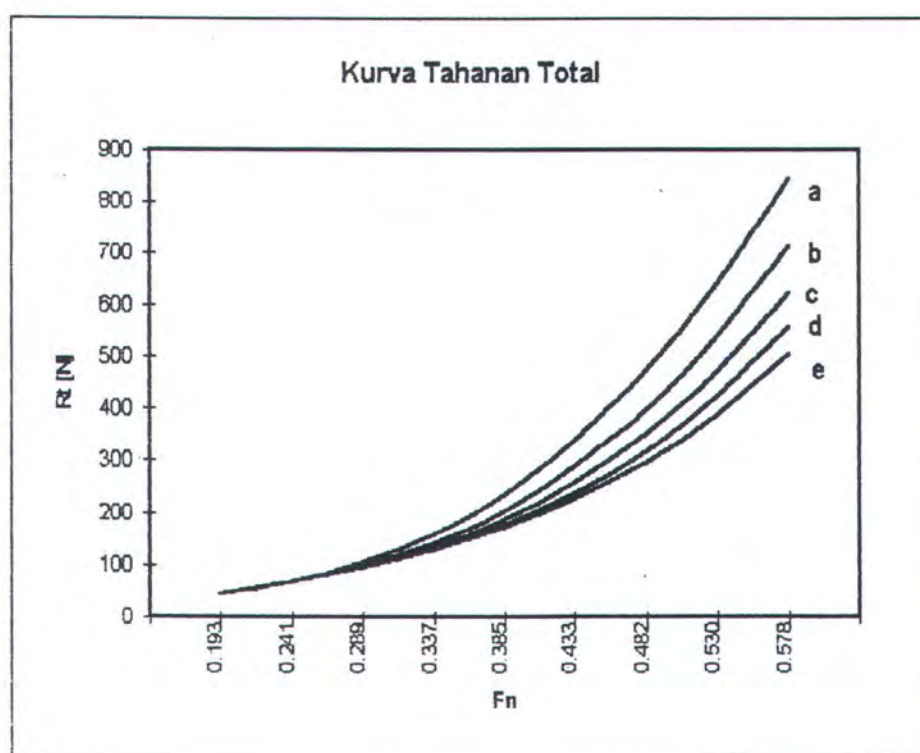
Keterangan :

a. T = 0.8 m	d. T = 2.0 m
b. T = 1.2 m	e. T = 2.4 m
c. T = 1.6 m	

Gambar 6.13 Kurva Tahanan Gesek Pot. Ujung Hull dengan sarat (T) = 0.8 — 2.4 m

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]				
		T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m	T = 2.4 m
2.00	0.193	45.2	45.1	45.1	45.1	45.1
2.50	0.241	69.2	68.2	68.0	67.9	67.9
3.00	0.289	104.1	98.5	96.5	95.6	95.3
3.50	0.337	156.8	141.0	133.6	130.0	128.1
4.00	0.385	233.5	202.0	185.4	175.1	169.5
4.50	0.433	338.2	286.5	255.5	236.1	223.7
5.00	0.482	473.5	398.3	349.8	317.4	295.2
5.50	0.530	642.1	540.2	471.5	423.0	388.2
6.00	0.578	844.7	714.3	623.0	556.1	506.1

Tabel 6.13 Tahanan Total Potongan ujung hull dengan sarat (T) 0.8 – 2.4 m



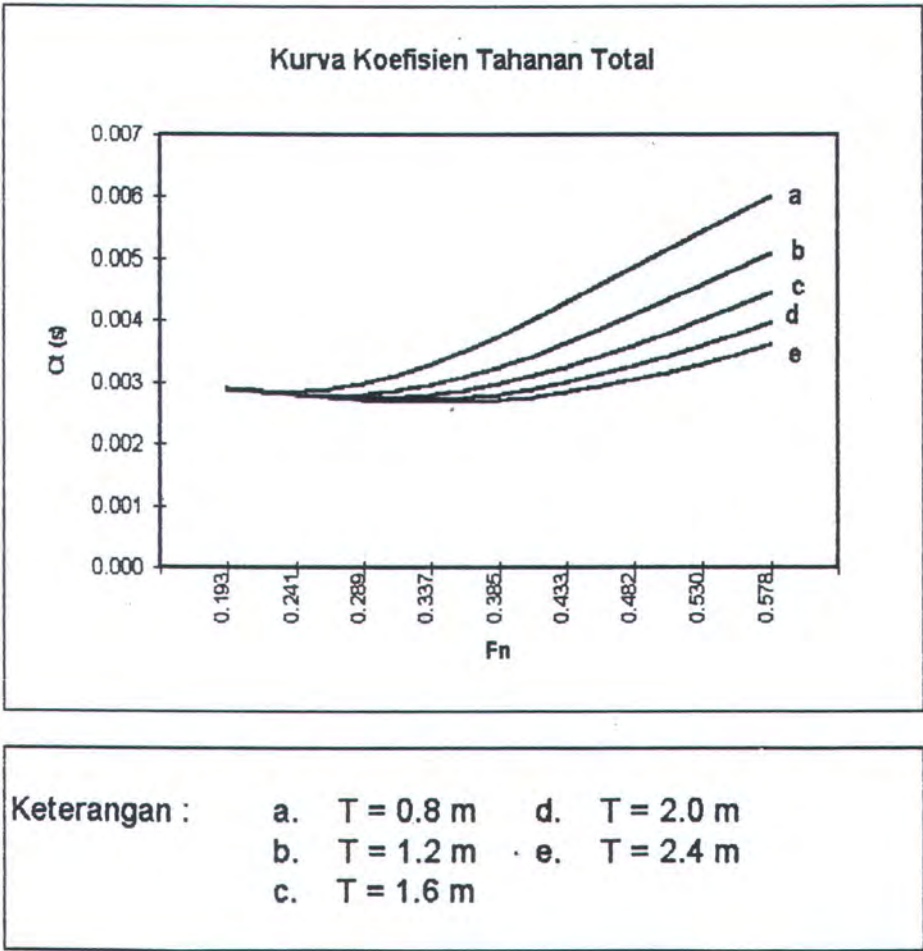
Keterangan :

a. T = 0.8 m	d. T = 2.0 m
b. T = 1.2 m	e. T = 2.4 m
c. T = 1.6 m	

Gambar 6.14 Kurva Tahanan Total Pot Ujung Hull dengan sarat (T) = 0.8 — 2.4 m

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total				
		T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m	T = 2.4 m
2.00	0.193	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029
2.50	0.241	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
3.00	0.289	0.0030	0.0028	0.0027	0.0027	0.0027
3.50	0.337	0.0033	0.0030	0.0028	0.0027	0.0027
4.00	0.385	0.0037	0.0032	0.0030	0.0028	0.0027
4.50	0.433	0.0043	0.0036	0.0032	0.0030	0.0028
5.00	0.482	0.0049	0.0041	0.0036	0.0033	0.0030
5.50	0.530	0.0054	0.0046	0.0040	0.0036	0.0033
6.00	0.578	0.0060	0.0051	0.0044	0.0040	0.0036

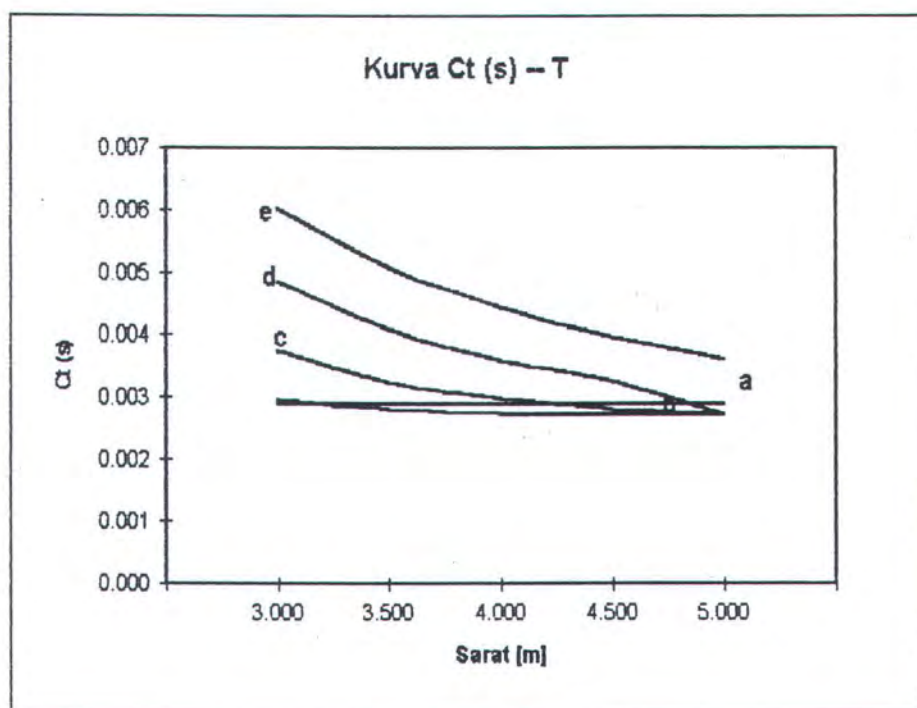
Tabel 6.14 Koefisien Tahanan Total Potongan ujung hull dengan sarat (T) 0.8 – 2.4 m



Gambar 6.15 Kurva Koefisien Tahanan Total Pot. Ujung Hull dengan sarat (T) = 0.8 — 2.4 m

S [m]	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
3.000	0.0029	0.0030	0.0037	0.0049	0.0060
3.500	0.0029	0.0028	0.0032	0.0041	0.0051
4.000	0.0029	0.0027	0.0030	0.0036	0.0044
4.500	0.0029	0.0027	0.0028	0.0033	0.0040
5.000	0.0029	0.0027	0.0027	0.0027	0.0036

Tabel 6.15 Koefisien Tahanan Total Pot. ujung hull dengan sarat (T) 0.8 — 2.4 m



Keterangan :

- | | |
|---------------|---------------|
| a. V = 2 m/dt | d. V = 5 m/dt |
| b. V = 3 m/dt | e. V = 6 m/dt |
| c. V = 4 m/dt | |

Gambar 6.16 Kurva Ct (s) — T Pot. Ujung Hull dengan sarat (T) = 0.8 — 2.4 m

Dari data hasil perhitungan berikut ini terlihat bahwa semakin dalam sarat hull semakin kecil tahanan gelombangnya, demikian pula koefisiennya. Sedang tahanan geseknya tetap, karena perubahan sarat tidak menyebabkan perubahan WSA. Penurunan pada tahanan gelombang dengan bertambahnya kedalaman ini menyebabkan turunnya tahanan total dan koefisiennya (Cts).

Berkurangnya tahanan gelombang dengan bertambahnya kedalaman ini disebabkan karena besar gelombang sebanding dengan eksponen dari minus jarak terhadap permukaan bebas. ($\zeta \approx e^{-z}$).

Pada kecepatan rendah, koefisien tahanan total mendekati konstan terhadap bertambahnya kedalaman. Semakin tinggi kecepatan semakin besar gradien penurunannya.

6.2.4. PENGARUH JARAK HULL PADA TAHANAN HULL

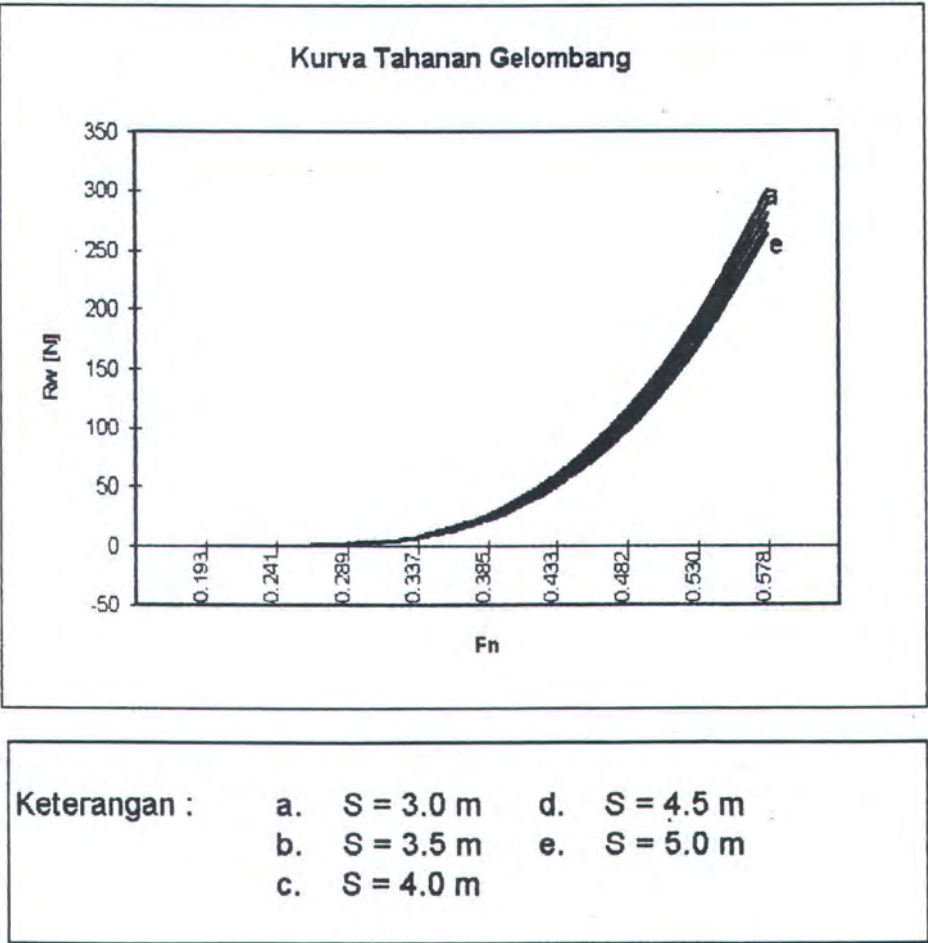
Perhitungan dilakukan dengan memakai data sebagai berikut:

Data potongan ujung hull :

- Bentuk	=	elipsoide
- Panjang	=	2 m
- Diameter (D)	=	0,8 m
- Volume	=	1,34 m ³
- WSA	=	7,8 m ²
- Sarat	=	1,6 m
- Jarak hull	=	3 -- 5 m
- L/D	=	2,5

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]				
		S =3.0 m	S =3.5 m	S =4.0 m	S =4.5 m	S =5.0 m
2.00	0.193	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.50	0.241	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.00	0.289	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2
3.50	0.337	8.1	7.7	7.3	6.9	6.6
4.00	0.385	25.7	24.4	23.8	22.2	21.3
4.50	0.433	59.6	57.0	54.6	52.3	50.3
5.00	0.482	114.5	110.0	105.7	101.8	98.1
5.50	0.530	193.8	186.9	180.3	174.1	168.4
6.00	0.578	300.1	290.3	280.9	272.0	263.7

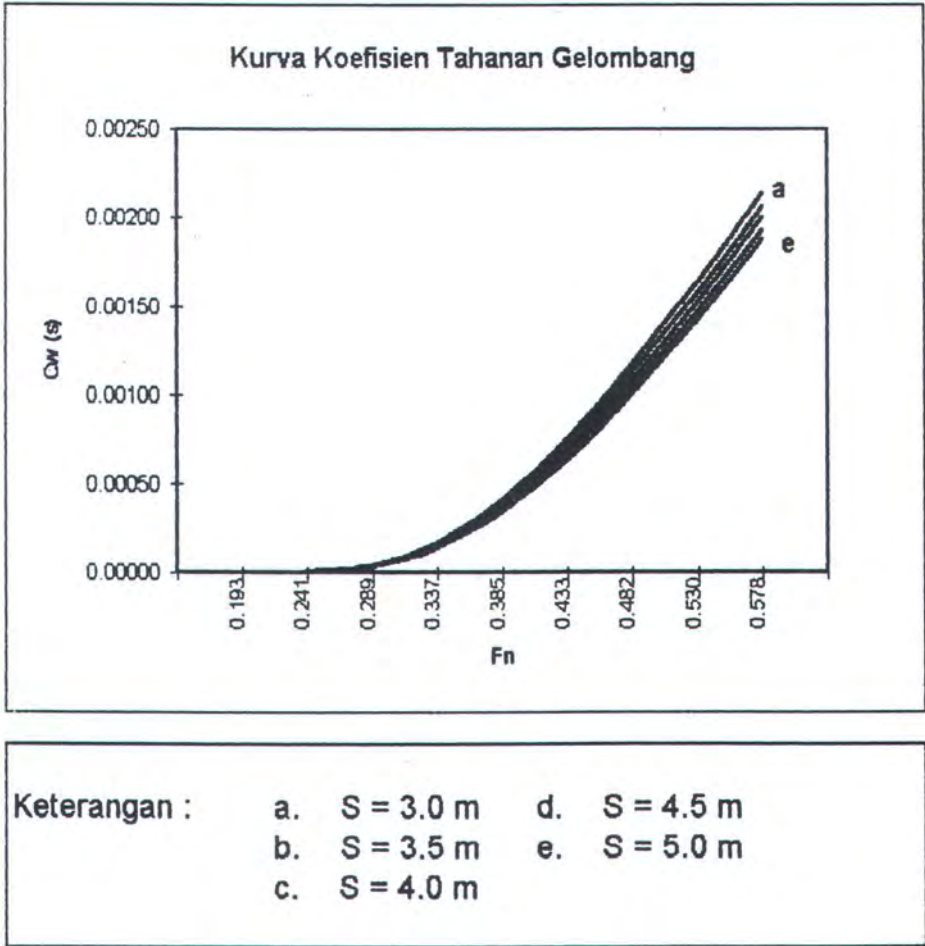
Tabel 6.16 Tahanan Gelombang Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) 3.0 – 5.0 m



Gambar 6.17 Kurva Tahanan Gelombang Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) = 3.0 – 5.0 m

Kec [m/dt]	Fn	CWs				
		S =3.0 m	S =3.5 m	S =4.0 m	S =4.5 m	S =5.0 m
2.00	0.193	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.50	0.241	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3.00	0.289	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003
3.50	0.337	0.00017	0.00016	0.00015	0.00014	0.00014
4.00	0.385	0.00041	0.00039	0.00038	0.00036	0.00034
4.50	0.433	0.00075	0.00072	0.00069	0.00066	0.00064
5.00	0.482	0.00117	0.00113	0.00108	0.00104	0.00101
5.50	0.530	0.00164	0.00158	0.00153	0.00148	0.00143
6.00	0.578	0.00214	0.00207	0.00200	0.00194	0.00188

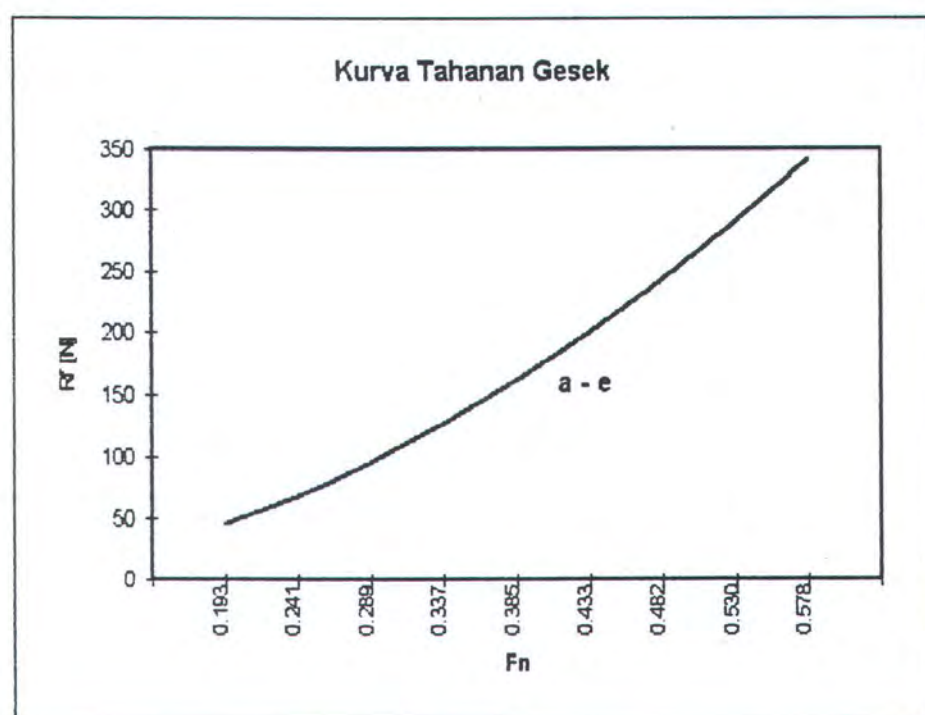
Tabel 6.17 Koefisien Tahanan Gelombang Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) 3.0 – 5.0 m



Gambar 6.18 Kurva Koefisien Tahanan Gelombang Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) = 3.0 — 5.0 m

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]				
		S = 3.0 m	S = 3.5 m	S = 4.0 m	S = 4.5 m	S = 5.0 m
2.00	0.193	45.1	45.1	45.1	45.1	45.1
2.50	0.241	67.9	67.9	67.9	67.9	67.9
3.00	0.289	95.1	95.1	95.1	95.1	95.1
3.50	0.337	126.3	126.3	126.3	126.3	126.3
4.00	0.385	161.6	161.6	161.6	161.6	161.6
4.50	0.433	200.9	200.9	200.9	200.9	200.9
5.00	0.482	244.1	244.1	244.1	244.1	244.1
5.50	0.530	291.2	291.2	291.2	291.2	291.2
6.00	0.578	342.1	342.1	342.1	342.1	342.1

Tabel 6.18 Tahanan Gesek Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) 3.0 – 5.0 m



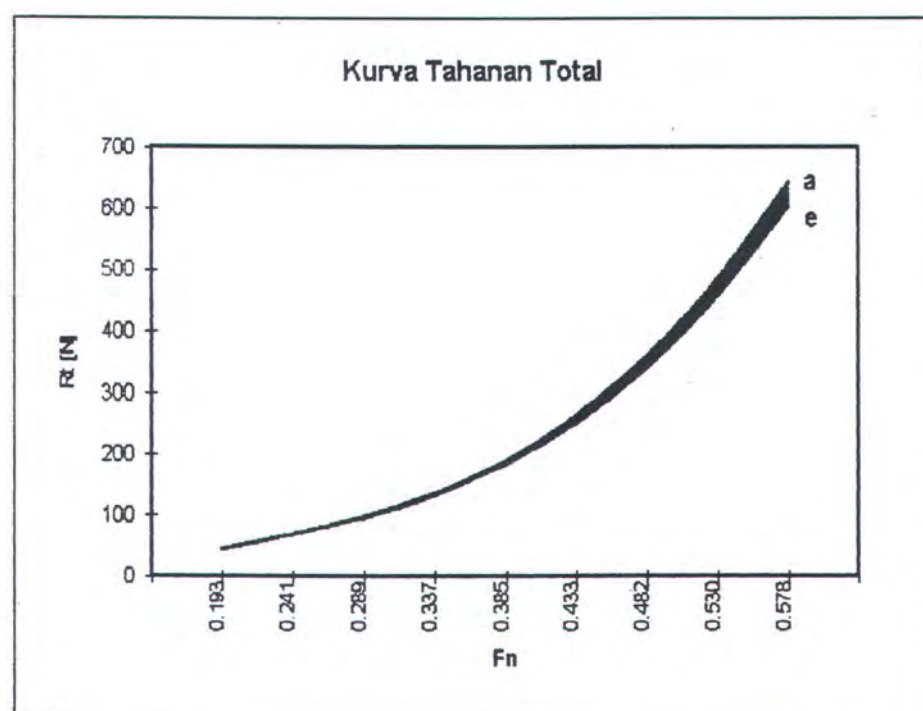
Keterangan :

a. S = 3.0 m	d. S = 4.5 m
b. S = 3.5 m	e. S = 5.0 m
c. S = 4.0 m	

Gambar 6.19 Kurva Tahanan Gesek Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) = 3.0 — 5.0 m

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]				
		S = 3.0 m	S = 3.5 m	S = 4.0 m	S = 4.5 m	S = 5.0 m
2.00	0.193	45.1	45.1	45.1	45.1	45.1
2.50	0.241	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
3.00	0.289	96.6	96.5	96.5	96.4	96.3
3.50	0.337	134.4	134.0	133.6	133.2	132.9
4.00	0.385	187.3	186.0	185.4	183.8	182.9
4.50	0.433	260.5	257.9	255.5	253.2	251.2
5.00	0.482	358.6	354.1	349.8	345.9	342.2
5.50	0.530	485.0	478.1	471.5	465.3	459.6
6.00	0.578	642.2	632.4	623.0	614.1	605.8

Tabel 6.19 Tahanan Total Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) 3.0 – 5.0 m



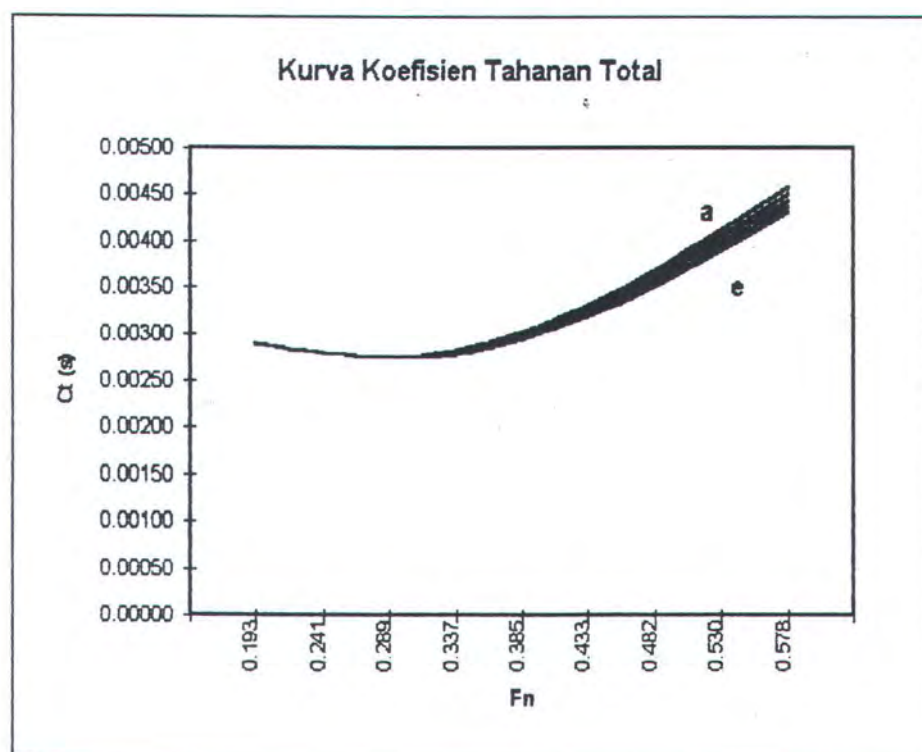
Keterangan :

a. S = 3.0 m	d. S = 4.5 m
b. S = 3.5 m	e. S = 5.0 m
c. S = 4.0 m	

Gambar 6.20 Kurva Tahanan Total Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) = 3.0 – 5.0 m

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total				
		S = 3.0 m	S = 3.5 m	S = 4.0 m	S = 4.5 m	S = 5.0 m
2.00	0.193	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029
2.50	0.241	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
3.00	0.289	0.0028	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027
3.50	0.337	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
4.00	0.385	0.0030	0.0030	0.0030	0.0029	0.0029
4.50	0.433	0.0033	0.0033	0.0032	0.0032	0.0032
5.00	0.482	0.0037	0.0036	0.0036	0.0035	0.0035
5.50	0.530	0.0041	0.0041	0.0040	0.0039	0.0039
6.00	0.578	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043

Tabel 6.20 Koefisien Tahanan Total Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) 3.0 – 5.0 m



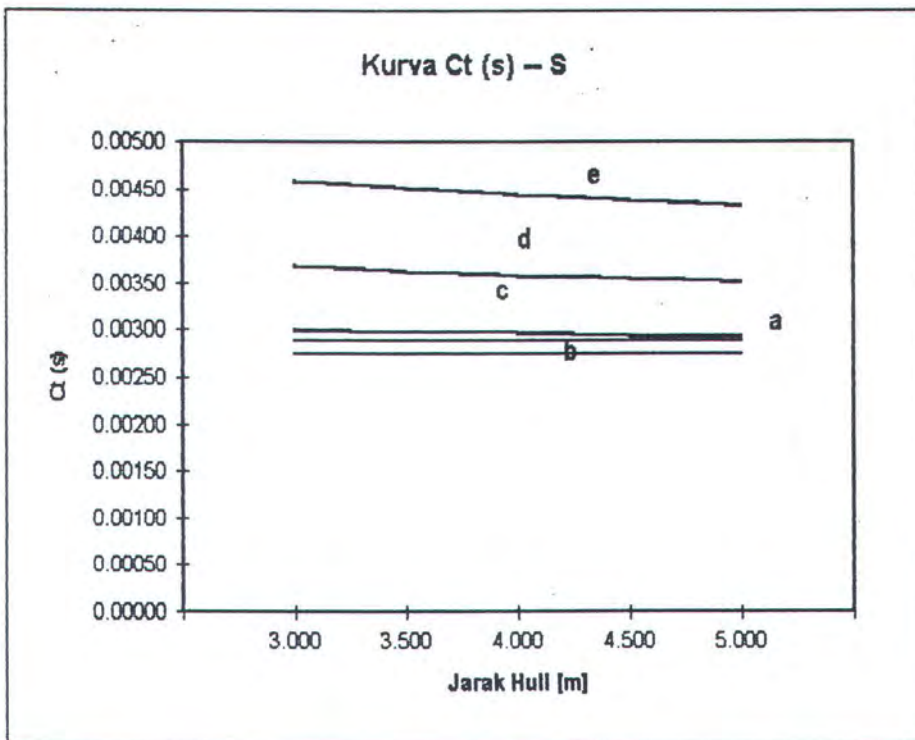
Keterangan :

a. S = 3.0 m	d. S = 4.5 m
b. S = 3.5 m	e. S = 5.0 m
c. S = 4.0 m	

Gambar 6.21 Kurva Koefisien Tahanan Total Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) = 3.0 — 5.0 m

S [m]	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
3.000	0.0029	0.0028	0.0030	0.0037	0.0046
3.500	0.0029	0.0027	0.0030	0.0036	0.0045
4.000	0.0029	0.0027	0.0030	0.0036	0.0044
4.500	0.0029	0.0027	0.0029	0.0035	0.0044
5.000	0.0029	0.0027	0.0029	0.0035	0.0043

Tabel 6.21 Koefisien Tahanan Total Pot, ujung hull dengan jarak hull (S) 3.0 – 5.0 m



Keterangan :

a. $V = 2$ m/dt	d. $V = 5$ m/dt
b. $V = 3$ m/dt	e. $V = 6$ m/dt
c. $V = 4$ m/dt	

Gambar 6.22 Kurva Ct (s) – S Pot. ujung hull dengan jarak hull (S) = 3.0 – 5.0 m

Dari data tersebut terlihat bahwa semakin besar jarak hull semakin kecil tahanan gelombang, begitu pula koefisiennya. Sedang tahanan geseknya tidak ada perubahan dengan bertambahnya jarak hull, karena memang tidak ada perubahan WSA.

Secara umum tidak bisa dinyatakan bahwa semakin besar jarak hull semakin kecil tahanan gelombangnya. Karena pada jarak-jarak tertentu justru ada penurunan tahanan gelombang dengan penambahan jarak hull. Hal ini disebabkan adanya interferensi gelombang yang merupakan fungsi dari jarak hull dan kecepatan. Untuk jarak hull yang besar pengaruh interferensi ini semakin berkurang hingga pada jarak-jarak tertentu tidak terjadi interferensi, sehingga besar tahanan gelombang twin hull sebesar dua kali tahanan monohull. Pada jarak-jarak yang lebih besar lagi tahanan gelombang akan konstan terhadap perubahan jarak hull.

6.2.5. PENGARUH BENTUK UJUNG HULL PADA TAHANAN HULL

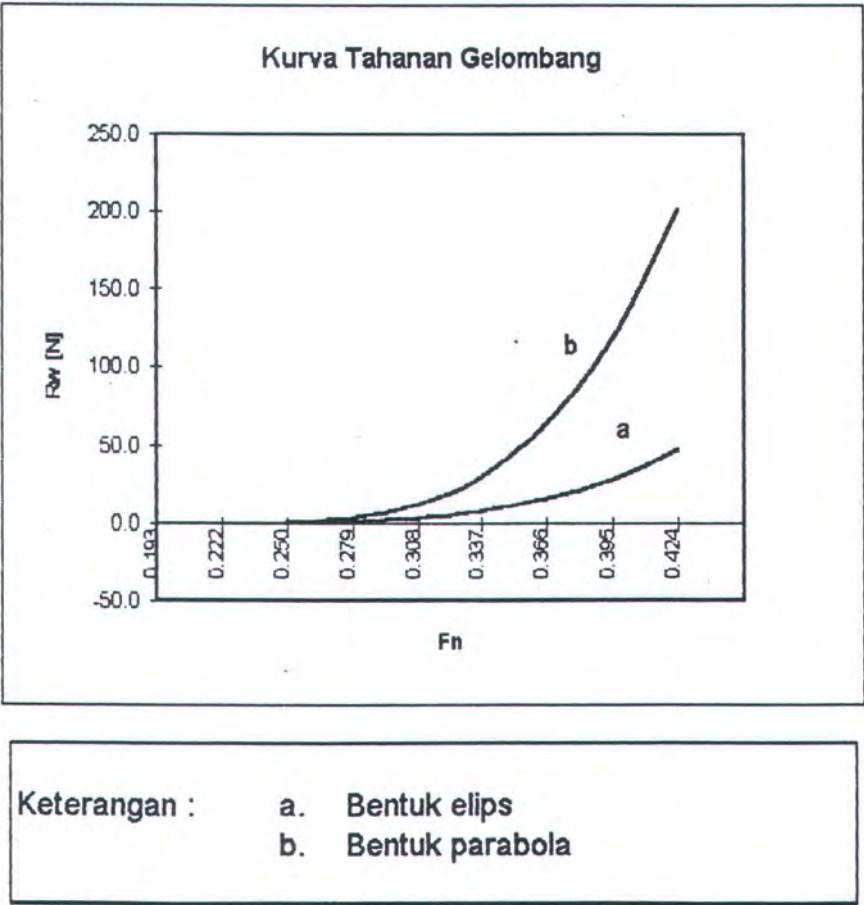
Perhitungan dilakukan dengan memakai data-data sebagai berikut:

Data potongan ujung hull :

- Bentuk	=	elipsoide, paraboloid.
- Panjang	=	2 m
- Diameter (D)	=	0,8 m
- Volume	=	1,34 -- 1,07 m ³
- WSA	=	7,8 -- 6,68 m ²
- Sarat	=	1,6 m .
- Jarak hull	=	4 m
- L/D	=	2,5

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]	
		elips	parabola
2.00	0.193	0.0	0.0
2.30	0.222	0.0	0.1
2.60	0.250	0.2	0.7
2.90	0.279	0.9	3.5
3.20	0.308	3.0	11.7
3.50	0.337	7.3	29.9
3.80	0.366	15.3	63.4
4.10	0.395	28.2	118.3
4.40	0.424	46.9	200.8

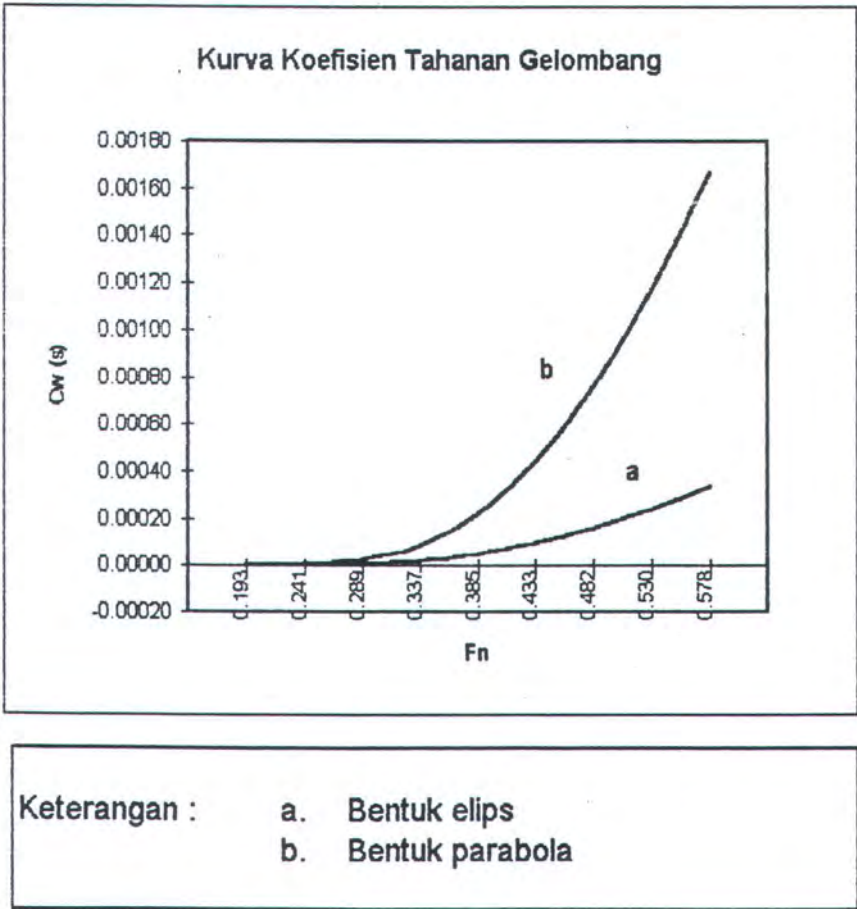
Tabel 6.22 Tahanan Gelombang Pot. Ujung hull dengan bentuk elips dan parabola



Gambar 6.23 Kurva Tahanan Gelombang Pot. Ujung Hull dengan bentuk elips dan parabola

Kec [m/dt]	Fn	CWs	
		elips	parabola
2.00	0.193	0.000000	0.000000
2.50	0.241	0.000000	0.000005
3.00	0.289	0.000006	0.000023
3.50	0.337	0.000019	0.000085
4.00	0.385	0.000048	0.000218
4.50	0.433	0.000092	0.000441
5.00	0.482	0.000157	0.000757
5.50	0.530	0.000239	0.001167
6.00	0.578	0.000334	0.001665

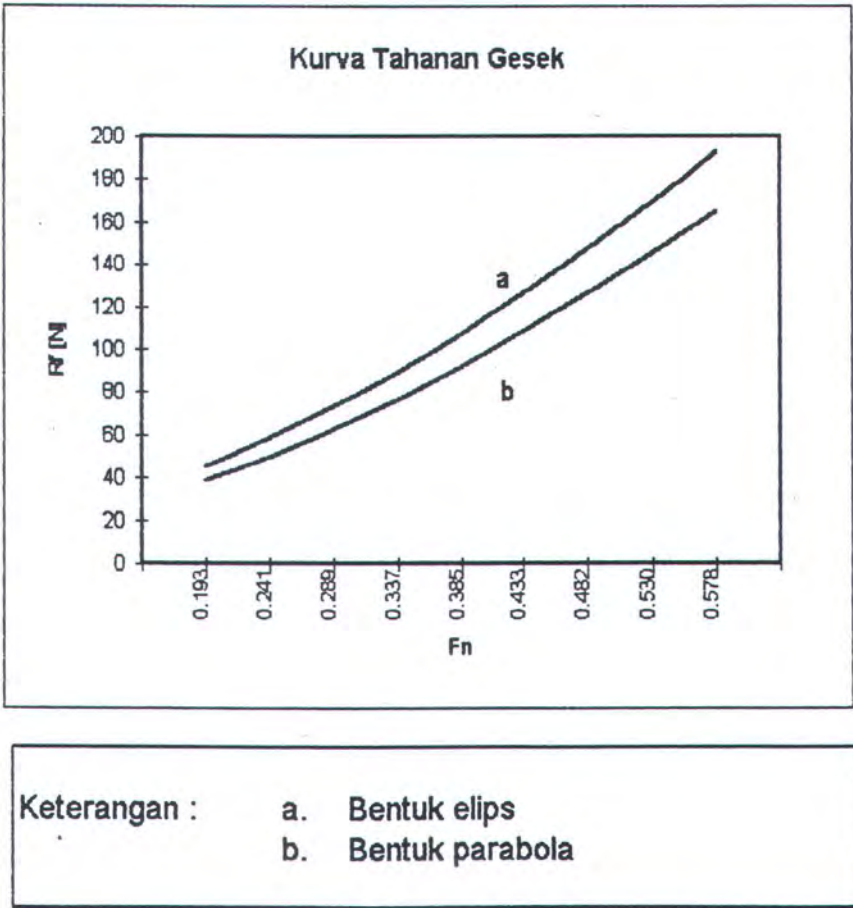
Tabel 6.23 Koefisien Tahanan Gelombang Pot. Ujung hull dengan bentuk elips dan parabola



Gambar 6.24 Kurva Koefisien Tahanan Gelombang Pot. ujung hull dengan bentuk elips dan parabola

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]	
		elips	parabola
2.00	0.193	45.1	38.6
2.50	0.241	58.3	49.9
3.00	0.289	73.0	62.6
3.50	0.337	89.3	76.5
4.00	0.385	107.1	91.7
4.50	0.433	126.3	108.2
5.00	0.482	147.0	126.0
5.50	0.530	169.2	145.0
6.00	0.578	192.8	165.2

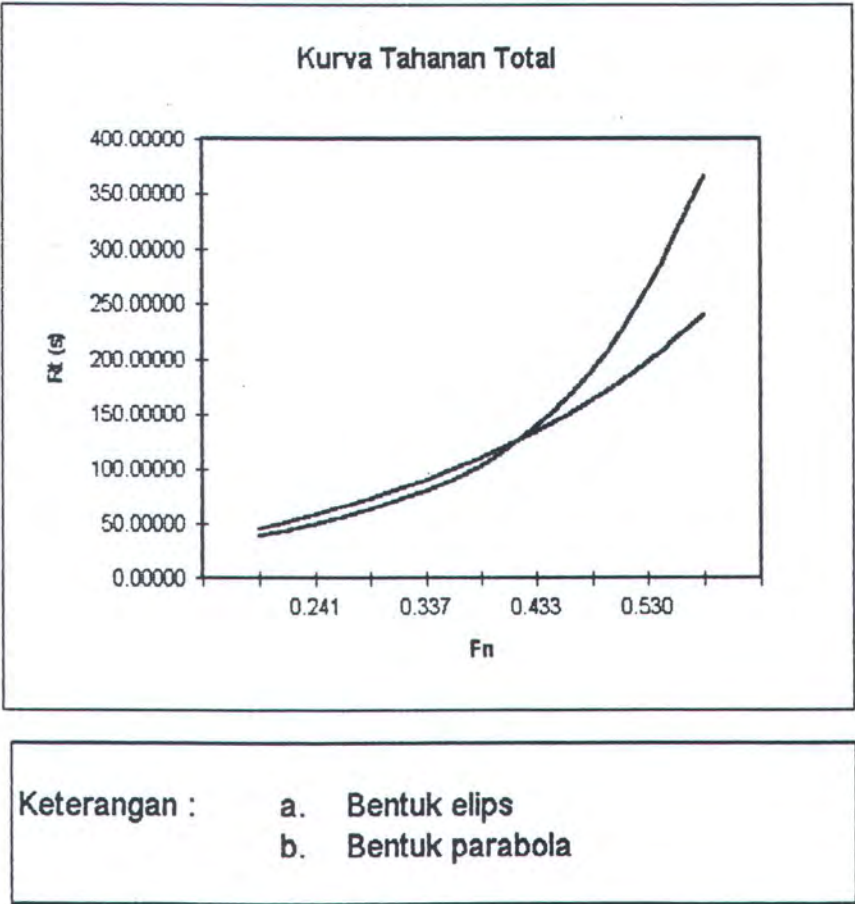
Tabel 6.24 Tahanan Gesek Potongan ujung hull dengan bentuk elips dan parabola



Gambar 6.25 Kurva Tahanan Gesek Ujung Hull dengan bentuk elips dan parabola

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]	
		elips	parabola
2.00	0.193	45.1	38.6
2.50	0.241	58.3	50.0
3.00	0.289	73.2	63.3
3.50	0.337	90.2	80.0
4.00	0.385	110.1	103.4
4.50	0.433	133.6	138.1
5.00	0.482	162.3	189.4
5.50	0.530	197.4	263.3
6.00	0.578	239.7	366.0

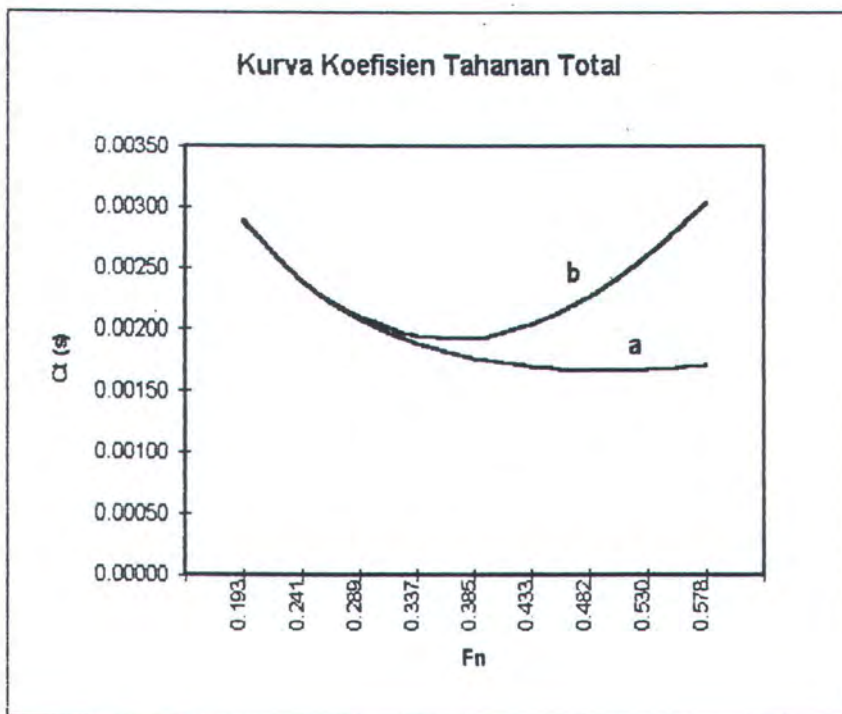
Tabel 6.25 Tahanan Total Potongan ujung hull dengan bentuk elips dan parabola



Gambar 6.26 Kurva Tahanan Total Pot. Ujung Hull dengan bentuk elips dan parabola

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total	
		elips	parabola
2.00	0.193	0.0029	0.0029
2.50	0.241	0.0024	0.0024
3.00	0.289	0.0021	0.0021
3.50	0.337	0.0019	0.0019
4.00	0.385	0.0018	0.0019
4.50	0.433	0.0017	0.0020
5.00	0.482	0.0017	0.0023
5.50	0.530	0.0017	0.0026
6.00	0.578	0.0017	0.0030

Tabel 6.26 Koefisien Tahanan Total PotonganUjung hull dengan bentuk elips dan parabola



Keterangan :
 a. Bentuk elips
 b. Bentuk parabola

Gambar 6.27 Kurva Koefisien Tahanan Total Pot. ujung hull dengan bentuk elips dan parabola

Tahanan gelombang hull dengan bentuk paraboloid lebih besar dari pada yang berbentuk elipsoide. Sedang pada tahanan gesek, bentuk elips menghasilkan tahanan yang lebih besar dari pada bentuk parabola, karena WSA elips lebih besar dari pada WSA parabola. Adapun tahanan totalnya lebih besar bentuk parabola dari pada bentuk elips.

Tahanan gelombang bentuk parabola lebih besar dari bentuk elips ini dikarenakan bentuk parabola gradien luas penampangnya (dA/dx) lebih besar. Dengan dA/dx yang besar ini menyebabkan kekuatan source (σ) lebih besar, karena $\sigma = (c/2\pi) \cdot (d\eta/dx)$. Dengan demikian tahanan gelombang menjadi lebih besar.

6.3. PENGARUH PARAMETER STRUT PADA TAHANAN KAPAL SWATH

Parameter strut yang dimaksud di sini adalah :

- a. Kecepatan (V) :

antara 2 m/dt sampai dengan 6 m/dt atau $F_n = 0,193$ sampai dengan 0,578.

- b. Perbandingan tebal terhadap panjang (t/L) :

antara 0,075 sampai dengan 0,15.

- c. Sarat (T) :

antara 0,4 m sampai dengan 2,0 m.

- d. Jarak strut (S) :

antara 3,0 m sampai dengan 5,0 m.

- e. Bentuk ujung strut :

parabola dan elips.

6.3.1. PENGARUH KECEPATAN PADA TAHANAN STRUT

Perhitungan dilakukan dengan data strut sebagai berikut:

Data Strut:

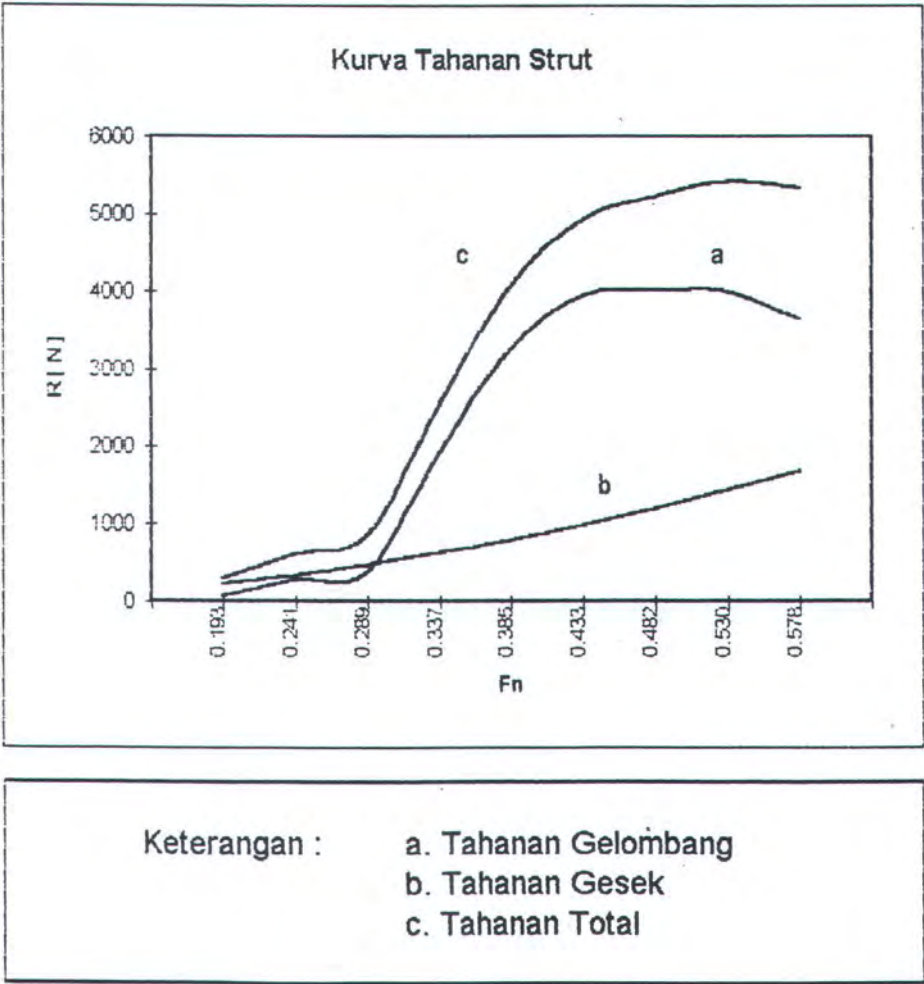
- Bentuk	=	parabola.
- Panjang (L)	=	7 m
- Tebal maks.(t)	=	0,6 m
- Volume (V)	=	6,6 m ³
- WSA	=	33,7 m ²
- Sarat (T)	=	1,2 m
- Jarak hull (S)	=	4 m
- t/L	=	0,12

Dari data hasil perhitungan berikut didapatkan bahwa untuk tahanan gelombang, pada kecepatan rendah tahanan meningkat dengan perlahan hingga pada kecepatan tertentu tahanan meningkat secara drastis dengan bertambahnya kecepatan. Setelah itu tahanan turun sedikit demi sedikit. Begitu pula koefisien tahanan gelombang, mempunyai pola yang serupa, hanya saja gradiennya lebih besar. Pola ini terjadi karena adanya interferensi gelombang yang merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak strut.

Sedang tahanan gesek strut, semakin besar kecepatan semakin besar pula tahanannya. Untuk tahanan total, kurvanya menyerupai kurva tahanan gelombang. Sedangkan perbandingan komposisi tahanan total, untuk kecepatan rendah didominasi tahanan gesek dan pada kecepatan tinggi terjadi sebaliknya.

Kec	Fn	Rw	Rf	Rt
[m/dt]		[N]	[N]	[N]
2.00	0.193	76.1	223.7	299.8
2.50	0.241	274.6	336.8	611.4
3.00	0.289	382.8	470.7	853.5
3.50	0.337	1930.3	624.8	2555.1
4.00	0.385	3263.5	798.7	4062.2
4.50	0.433	3934.1	992.2	4926.3
5.00	0.482	4015.9	1204.8	5220.7
5.50	0.530	3989.5	1436.3	5425.8
6.00	0.578	3643.5	1686.5	5330.0

Tabel 6.27 Tahanan Strut



Gambar 6.28 Kurva Tahanan Potongan Ujung Hull

6.3.2. PENGARUH PERBANDINGAN TEBAL TERHADAP PANJANG STRUT PADA TAHANAN STRUT

Perbandingan tebal terhadap panjang strut menunjukkan tingkat kelangsingan strut (*slenderness of strut*). Semakin kecil harga t/L makin langsing, sebaliknya makin besar harga t/L makin gemuk strut tersebut. Pada perhitungan ini parameter ketebalan (t) dibuat tetap sedang parameter panjang (L) dibuat bervariasi.

Perhitungan dilakukan dengan data strut sebagai berikut:

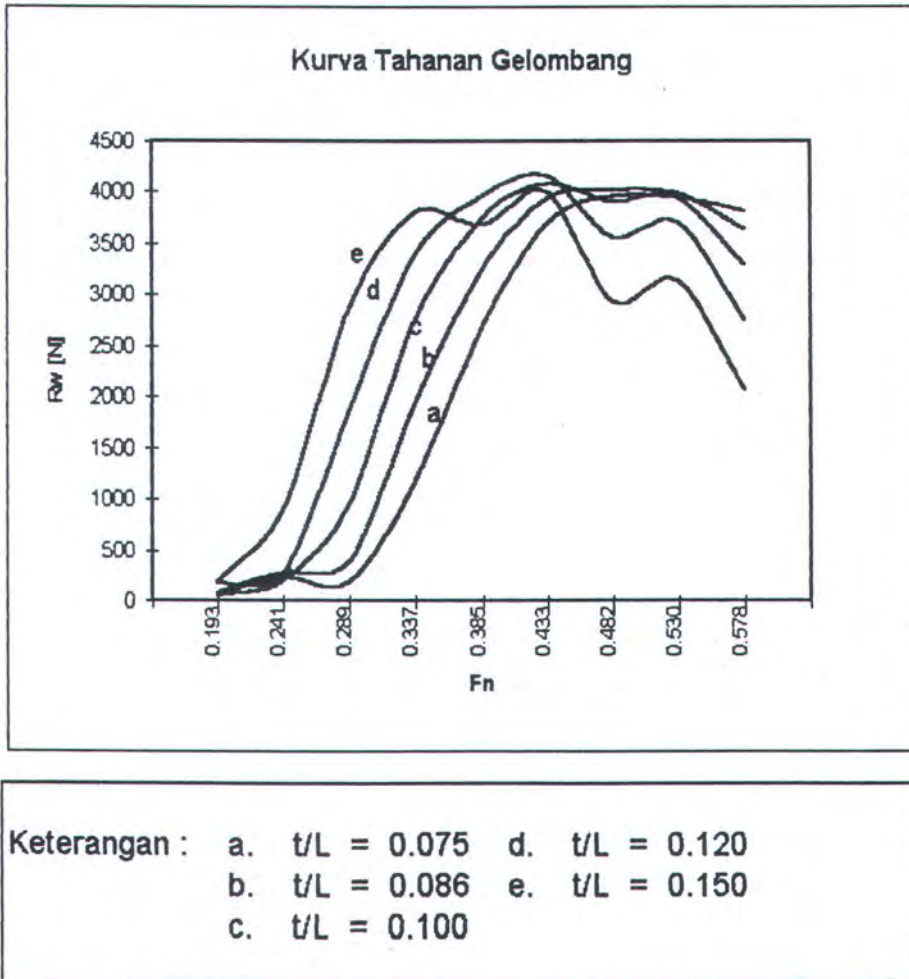
Data Strut:

- Bentuk	=	parabola
- Panjang (L)	=	4 -- 8 m
- Tebal maks. (t)	=	0,6 m
- Volume (V)	=	3,8 -- 7,6 m ³
- WSA	=	19,4 -- 38,5 m ²
- Sarat (T)	=	1,2 m
- Jarak hull (S)	=	4 m
- t/L	=	0,075 -- 0,15

Dari perhitungan diperoleh data-data sebagai berikut :

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]				
		t/L = 0.075	t/L = 0.086	t/L = 0.1	t/L = 0.12	t/L = 0.15
2.00	0.193	55.5	76.1	58.8	169.5	191.6
2.50	0.241	227.4	274.6	205.0	263.7	890.6
3.00	0.289	187.2	382.8	961.3	1854.4	2851.9
3.50	0.337	1176.2	1930.3	2754.7	3394.2	3800.8
4.00	0.385	2693.2	3263.5	3749.9	3965.4	3688.8
4.50	0.433	3701.9	3934.1	4092.3	4164.5	3999.4
5.00	0.482	3963.8	4015.9	3907.5	3566.7	2938.1
5.50	0.530	3952.1	3989.5	3952.7	3708.3	3133.1
6.00	0.578	3817.9	3643.5	3293.4	2756.3	2069.9

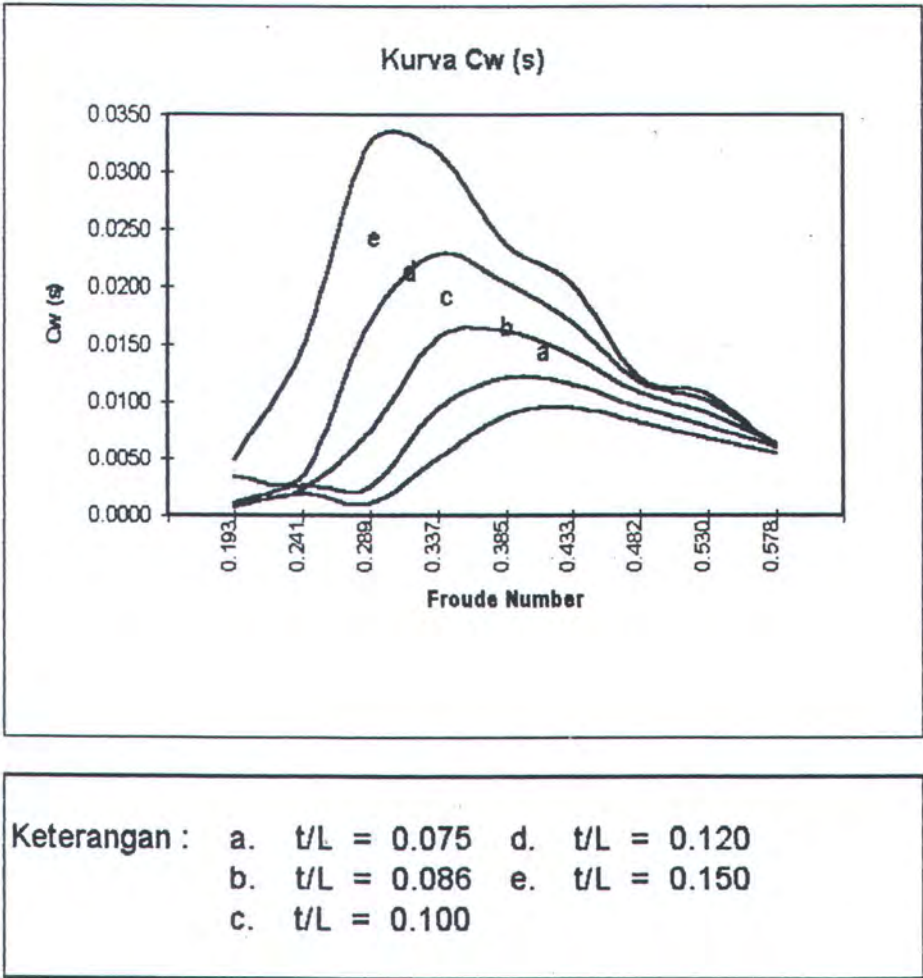
Tabel 6.28 Tahanan Gelombang Strut
dengan t/L 0.075 – 0.15



Gambar 6.29 Kurva Tahanan Gelombang Strut
dengan t/L = 0.075 — 0.150

Kec [m/dt]	Fn	CWs				
		t/L = 0.075	t/L = 0.086	t/L = 0.1	t/L = 0.12	t/L = 0.15
2.00	0.193	0.0007	0.0011	0.0010	0.0035	0.0049
2.50	0.241	0.0019	0.0026	0.0023	0.0035	0.0146
3.00	0.289	0.0011	0.0025	0.0074	0.0170	0.0325
3.50	0.337	0.0050	0.0093	0.0155	0.0229	0.0319
4.00	0.385	0.0087	0.0121	0.0162	0.0205	0.0237
4.50	0.433	0.0095	0.0115	0.0139	0.0170	0.0203
5.00	0.482	0.0082	0.0095	0.0108	0.0118	0.0121
5.50	0.530	0.0068	0.0078	0.0090	0.0101	0.0106
6.00	0.578	0.0055	0.0060	0.0063	0.0063	0.0059

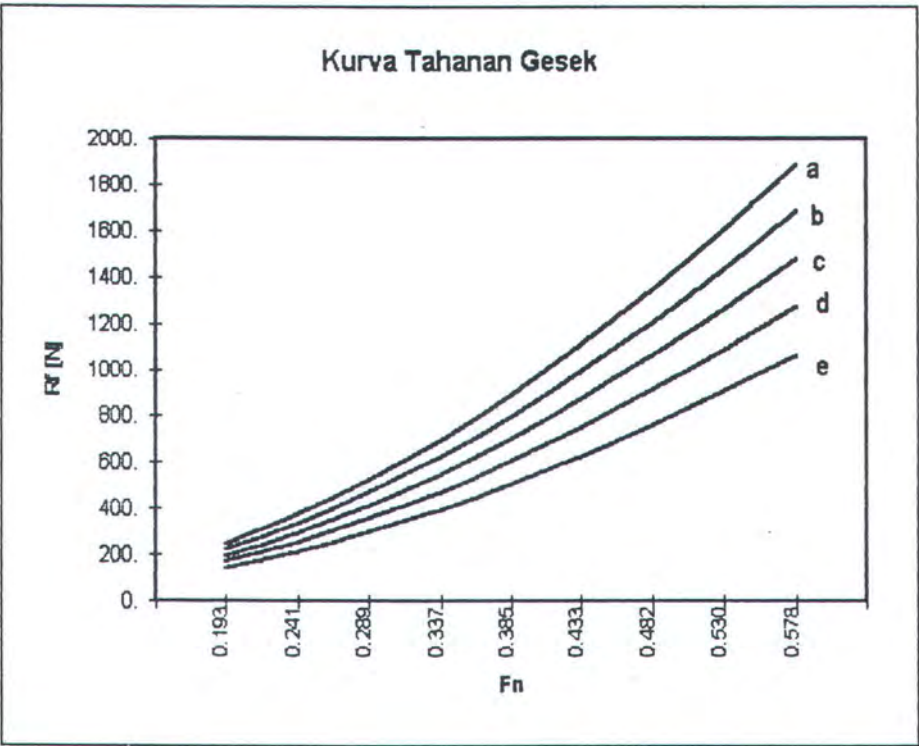
Tabel 6.29 Koefisien Tahanan Gelombang Strut dengan t/L 0.075 – 0.15



Gambar 6.30 Kurva Tahanan Gelombang Strut dengan $t/L = 0.075 - 0.150$

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]				
		t/L = 0.075	t/L = 0.086	t/L = 0.1	t/L = 0.12	t/L = 0.15
2.00	0.193	249.7	223.7	197.2	170.1	142.2
2.50	0.241	376.1	336.8	296.7	255.7	213.7
3.00	0.289	525.8	470.7	414.5	357.1	298.2
3.50	0.337	698.1	624.8	550.0	473.7	395.4
4.00	0.385	892.8	798.7	703.0	605.2	505.0
4.50	0.433	1109.2	992.2	873.1	751.4	626.7
5.00	0.482	1347.1	1204.8	1060.0	912.0	760.4
5.50	0.530	1606.2	1436.3	1263.4	1086.8	905.9
6.00	0.578	1886.1	1686.5	1483.1	1275.6	1063.0

Tabel 6.30 Tahanan Gesek Strut
dengan t/L 0.075 – 0.15

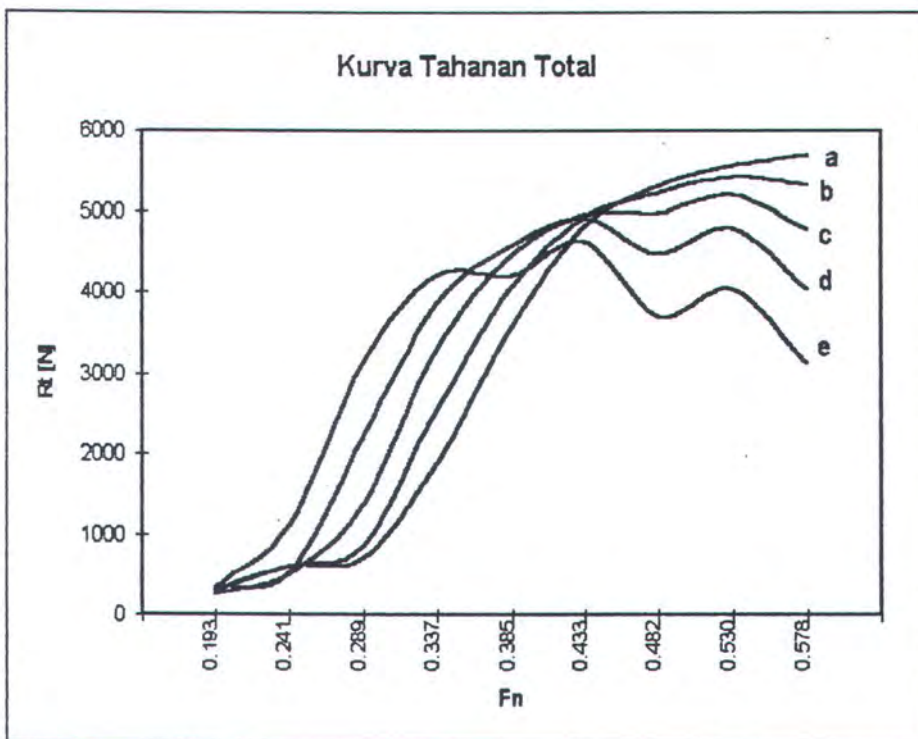


Keterangan : a. t/L = 0.075 d. t/L = 0.120
 b. t/L = 0.086 e. t/L = 0.150
 c. t/L = 0.100

Gambar 6.31 Kurva Tahanan Gesek Strut
dengan t/L = 0.075 – 0.150

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]				
		t/L = 0.075	t/L = 0.086	t/L = 0.1	t/L = 0.12	t/L = 0.15
2.00	0.193	305.3	299.8	256.0	339.6	333.8
2.50	0.241	603.5	611.4	501.7	519.4	1104.3
3.00	0.289	713.0	853.4	1375.8	2211.4	3150.1
3.50	0.337	1874.3	2555.1	3304.7	3867.8	4196.2
4.00	0.385	3585.9	4062.3	4452.9	4570.6	4193.7
4.50	0.433	4811.0	4926.3	4965.4	4915.9	4626.2
5.00	0.482	5310.8	5220.8	4967.5	4478.7	3698.5
5.50	0.530	5558.2	5425.8	5216.1	4795.1	4039.1
6.00	0.578	5704.1	5329.9	4776.5	4031.8	3132.9

Tabel 6.31 Tahanan Total Strut
dengan t/L 0.075 – 0.15

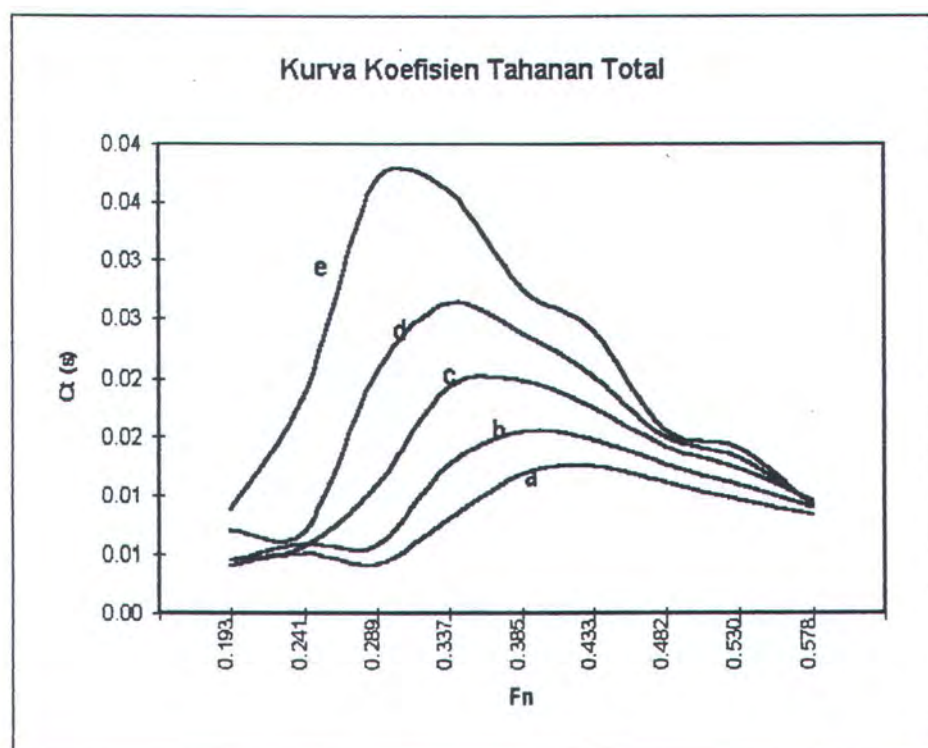


Keterangan : a. $t/L = 0.075$ d. $t/L = 0.120$
 b. $t/L = 0.086$ e. $t/L = 0.150$
 c. $t/L = 0.100$

Gambar 6.32 Kurva Tahanan Total Strut
dengan $t/L = 0.075 - 0.150$

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total				
		t/L = 0.075	t/L = 0.086	t/L = 0.1	t/L = 0.12	t/L = 0.15
2.00	0.193	0.0040	0.0045	0.0046	0.0071	0.0088
2.50	0.241	0.0051	0.0059	0.0057	0.0069	0.0186
3.00	0.289	0.0042	0.0057	0.0109	0.0205	0.0368
3.50	0.337	0.0081	0.0126	0.0193	0.0263	0.0361
4.00	0.385	0.0118	0.0154	0.0199	0.0238	0.0276
4.50	0.433	0.0125	0.0147	0.0175	0.0202	0.0240
5.00	0.482	0.0112	0.0127	0.0142	0.0149	0.0156
5.50	0.530	0.0097	0.0109	0.0123	0.0132	0.0141
6.00	0.578	0.0083	0.0090	0.0095	0.0093	0.0092

Tabel 6.32 Koefisien Tahanan Total Strut dengan t/L 0.075 – 0.15



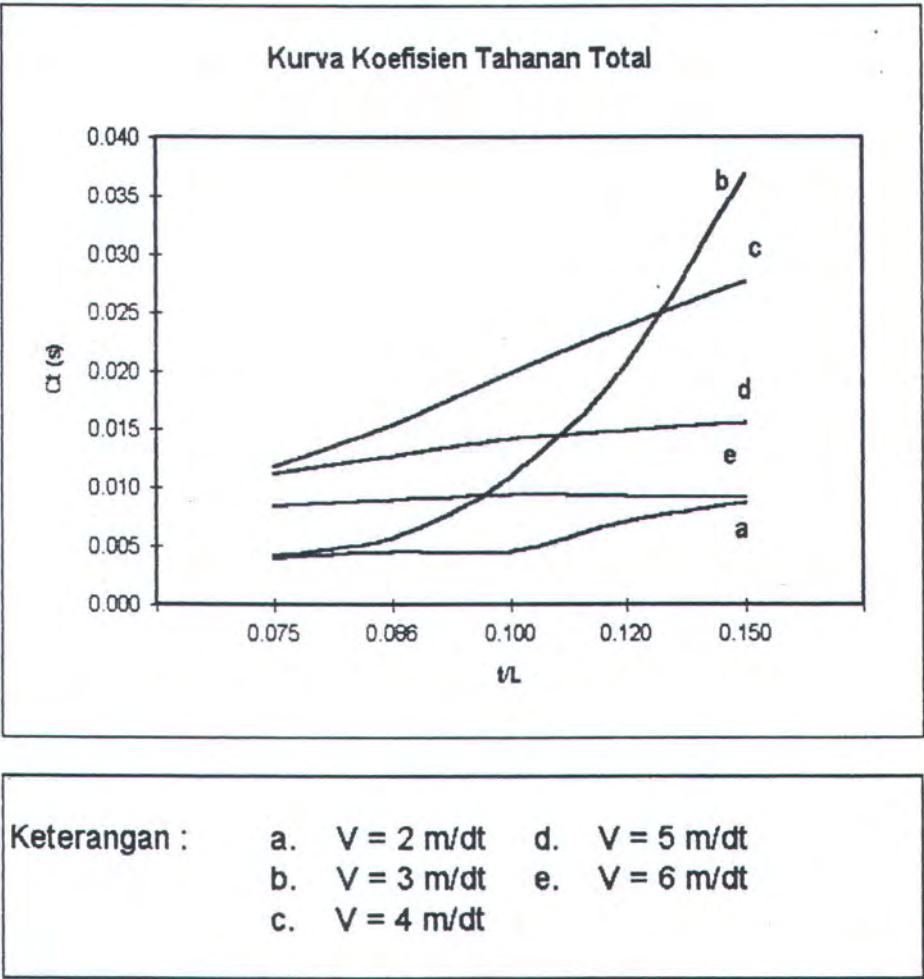
Keterangan :

a. $t/L = 0.075$	d. $t/L = 0.120$
b. $t/L = 0.086$	e. $t/L = 0.150$
c. $t/L = 0.100$	

Gambar 6.33 Kurva Koefisien Tahanan Total Strut dengan $t/L = 0.075 - 0.150$

t/L	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
0.075	0.0040	0.0042	0.0118	0.0112	0.0083
0.086	0.0045	0.0057	0.0154	0.0127	0.0090
0.100	0.0046	0.0109	0.0199	0.0142	0.0095
0.120	0.0071	0.0205	0.0238	0.0149	0.0093
0.150	0.0088	0.0368	0.0276	0.0156	0.0092

Tabel 6.33 Koefisien Tahanan Gelombang Strut
dengan t/L 0.075 – 0.15



Gambar 6.34 Kurva Ct (s) – t/L Strut
dengan t/L = 0.075 – 0.150

Pada kecepatan rendah, semakin besar t/L semakin besar tahanan gelombangnya, tetapi pada kecepatan tinggi berlaku sebaliknya, semakin besar t/L semakin kecil tahanan gelombangnya. Dari gambar kurva tahanan gelombang terlihat bahwa semua harga t/L tersebut mempunyai harga maksimum yang hampir sama, hanya saja letaknya yang berbeda. Harga t/L yang besar lebih cepat mencapai puncak dari pada harga t/L yang lebih kecil.

Sedangkan kurva koefisien tahanan gelombang mempunyai puncak yang berbeda. Semakin besar harga t/L semakin tinggi harga maksimum $C_w(s)$ nya. Dan pada kecepatan tinggi kurva-kurva tersebut mendekat pada suatu titik, hal ini disebabkan tahanan gelombang sebanding dengan WSA.

Untuk tahanan gesek, semakin besar harga t/L semakin kecil tahanannya, karena semakin kecil WSA nya. Semakin tinggi kecepatan, semakin besar perbedaannya. Adapun tahanan total mempunyai pola yang mirip dengan pola tahanan gelombang, hanya saja harga maksimumnya berbeda-beda, semakin besar harga t/L semakin kecil harga maksimum tahanan totalnya. Hal ini karena pengaruh tahanan gesek.

Pada kecepatan rendah, semakin besar harga t/L semakin besar harga koefisien tahanan total, dengan laju pertambahan semakin besar. Tetapi pada kecepatan tinggi pertambahan harga koefisien menjadi konstan. Semakin tinggi kecepatan semakin kecil kecil gradiennya.

6.3.3 PENGARUH SARAT PADA TAHANAN STRUT

Perhitungan dilakukan dengan data strut sebagai berikut:

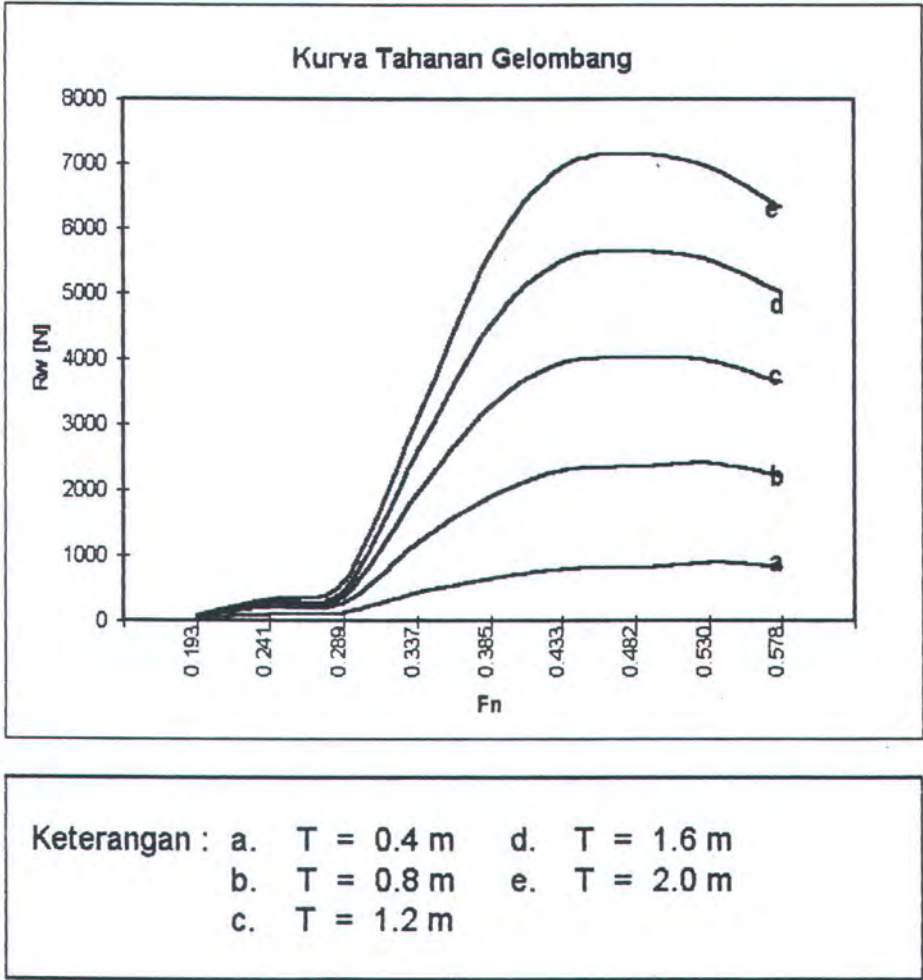
Data Strut:

- Bentuk	=	parabola.
- Panjang (L)	=	7 m
- Tebal maks.(t)	=	0,6 m
- Volume (V)	=	6,6 m ³
- WSA	=	33,7 m ²
- Sarat (T)	=	0,4 -- 2,0 m
- Jarak hull (S)	=	4 m
- t/L	=	0,086

Semakin besar sarat strut semakin besar WSA nya, sehingga semakin besar pula tahananannya. Pada kecepatan rendah pertambahan sarat mengakibatkan peningkatan tahanan gelombang yang relatif kecil, semakin besar kecepatan pertambahan tahanan semakin besar, hingga pada suatu kecepatan tertentu pertambahan menjadi konstan. Pada koefisien tahanan gelombang, untuk kecepatan rendah pertambahan sarat mengakibatkan penurunan koefisien tahanan gelombang. Pada kecepatan tinggi, kenyataan ini berubah, semakin besar sarat semakin besar koefisiennya. Karakteristik koefisien tahanan gelombang ini berlaku juga pada koefisien tahanan total. Pada kecepatan rendah koefisien menurun dengan bertambahnya sarat, sedang pada kecepatan tinggi terjadi sebaliknya, semakin besar sarat semakin besar koefisiennya. Pada harga sarat tertentu koefisien ini menjadi konstan terhadap perubahan sarat.

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]				
		T = 0.4 m	T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m
2.00	0.193	41.3	66.6	76.0	79.4	80.6
2.50	0.241	104.4	210.0	274.5	310.1	329.1
3.00	0.289	134.2	279.9	382.7	451.4	596.5
3.50	0.337	446.4	1193.3	1930.2	2560.5	3063.2
4.00	0.385	644.9	1902.9	3263.5	4525.3	5617.0
4.50	0.433	800.5	2295.6	3934.0	5509.0	6936.8
5.00	0.482	817.5	2348.9	4015.9	5636.9	7143.9
5.50	0.530	899.0	2412.4	3989.5	5514.9	6951.0
6.00	0.578	811.1	2204.3	3643.5	5026.0	6331.5

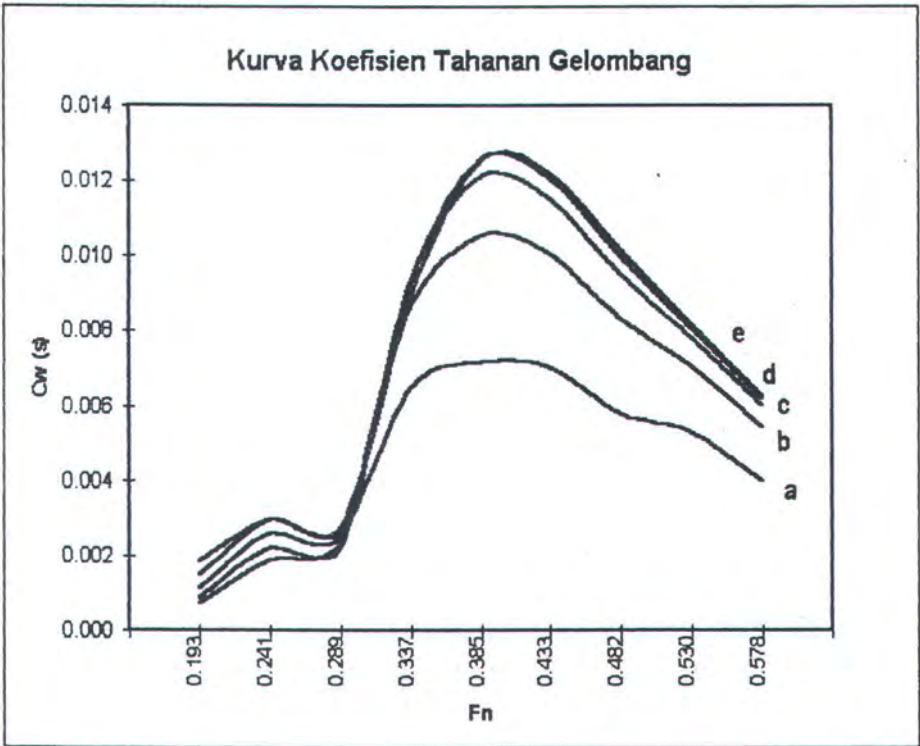
Tabel 6.34 Tahanan Gelombang Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m



Gambar 6.35 Kurva Tahanan Gelombang Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

Kec [m/dt]	Fn	CWs				
		T = 0.4 m	T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m
2.00	0.193	0.0018	0.0015	0.0011	0.0009	0.0007
2.50	0.241	0.0030	0.0030	0.0026	0.0022	0.0019
3.00	0.289	0.0027	0.0028	0.0025	0.0022	0.0024
3.50	0.337	0.0065	0.0087	0.0094	0.0093	0.0089
4.00	0.385	0.0072	0.0106	0.0121	0.0126	0.0125
4.50	0.433	0.0070	0.0101	0.0115	0.0121	0.0122
5.00	0.482	0.0058	0.0084	0.0095	0.0100	0.0102
5.50	0.530	0.0053	0.0071	0.0078	0.0081	0.0082
6.00	0.578	0.0040	0.0054	0.0060	0.0062	0.0063

Tabel 6.35 Koefisien Tahanan Gelombang Strut dengan sarat 0.4 – 2.0 m

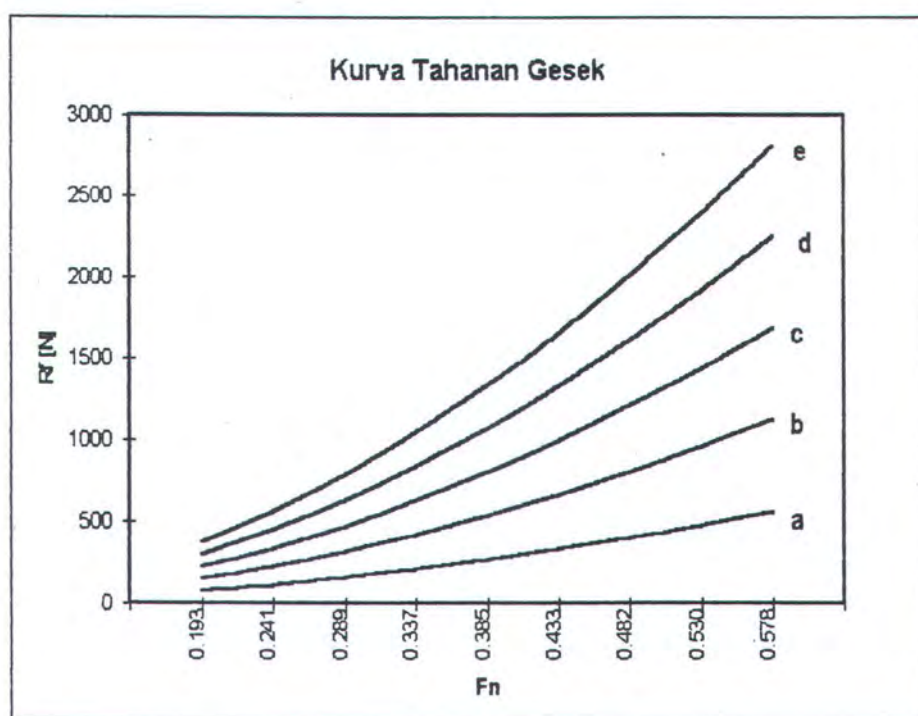


Keterangan : a. T = 0.4 m d. T = 1.6 m
 b. T = 0.8 m e. T = 2.0 m
 c. T = 1.2 m

Gambar 6.36 Kurva Koefisien Tahanan Gelombang Strut dengan sarat 0.4 – 2.0 m

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]				
		T = 0.4 m	T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m
2.00	0.193	74.5	149.1	223.7	298.3	372.9
2.50	0.241	112.2	224.5	336.8	449.0	561.3
3.00	0.289	156.8	313.7	470.7	627.5	784.4
3.50	0.337	208.2	416.5	624.8	833.0	1041.3
4.00	0.385	266.2	532.5	798.7	1065.0	1331.3
4.50	0.433	330.7	661.4	992.2	1322.9	1653.7
5.00	0.482	401.6	803.2	1204.8	1606.4	2008.0
5.50	0.530	478.7	957.5	1436.3	1915.1	2393.8
6.00	0.578	562.1	1124.3	1686.5	2248.6	2810.7

Tabel 6.36 Tahanan Gesek Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m



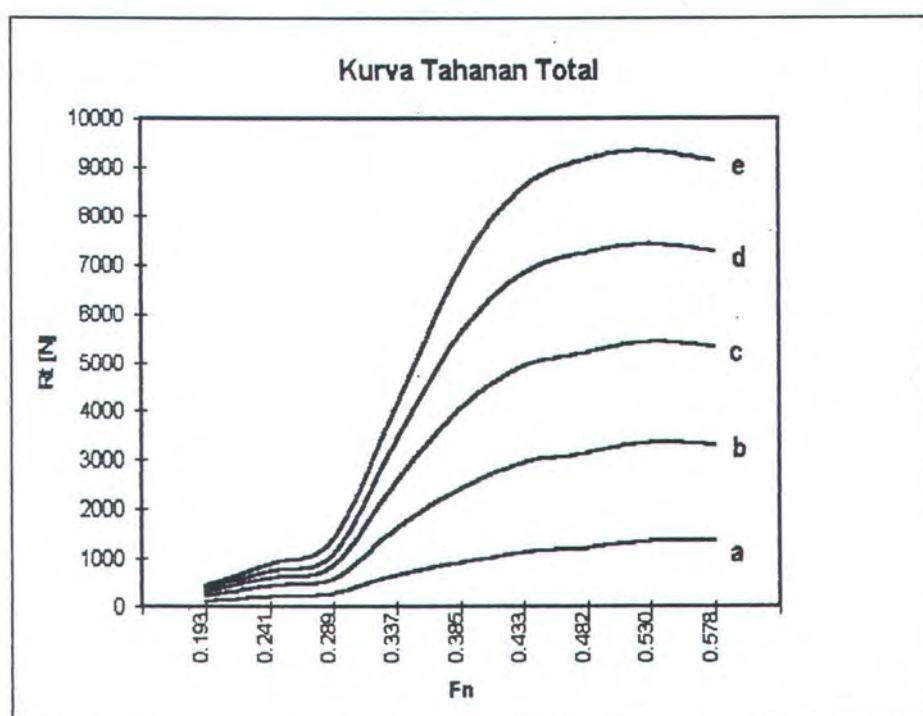
Keterangan :

a. T = 0.4 m	d. T = 1.6 m
b. T = 0.8 m	e. T = 2.0 m
c. T = 1.2 m	

Gambar 6.37 Kurva Tahanan Gesek Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]				
		T = 0.4 m	T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m
2.00	0.193	115.8	215.7	299.7	377.7	453.5
2.50	0.241	216.6	434.5	611.3	759.1	890.4
3.00	0.289	291.0	593.6	853.4	1078.9	1380.9
3.50	0.337	654.6	1609.8	2555.0	3393.5	4104.5
4.00	0.385	911.1	2435.4	4062.2	5590.3	6948.3
4.50	0.433	1131.2	2957.0	4926.2	6831.9	8590.5
5.00	0.482	1219.1	3152.1	5220.7	7243.3	9151.9
5.50	0.530	1377.7	3369.9	5425.8	7430.0	9344.8
6.00	0.578	1373.2	3328.6	5330.0	7274.6	9142.2

Tabel 6.37 Tahanan Total Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

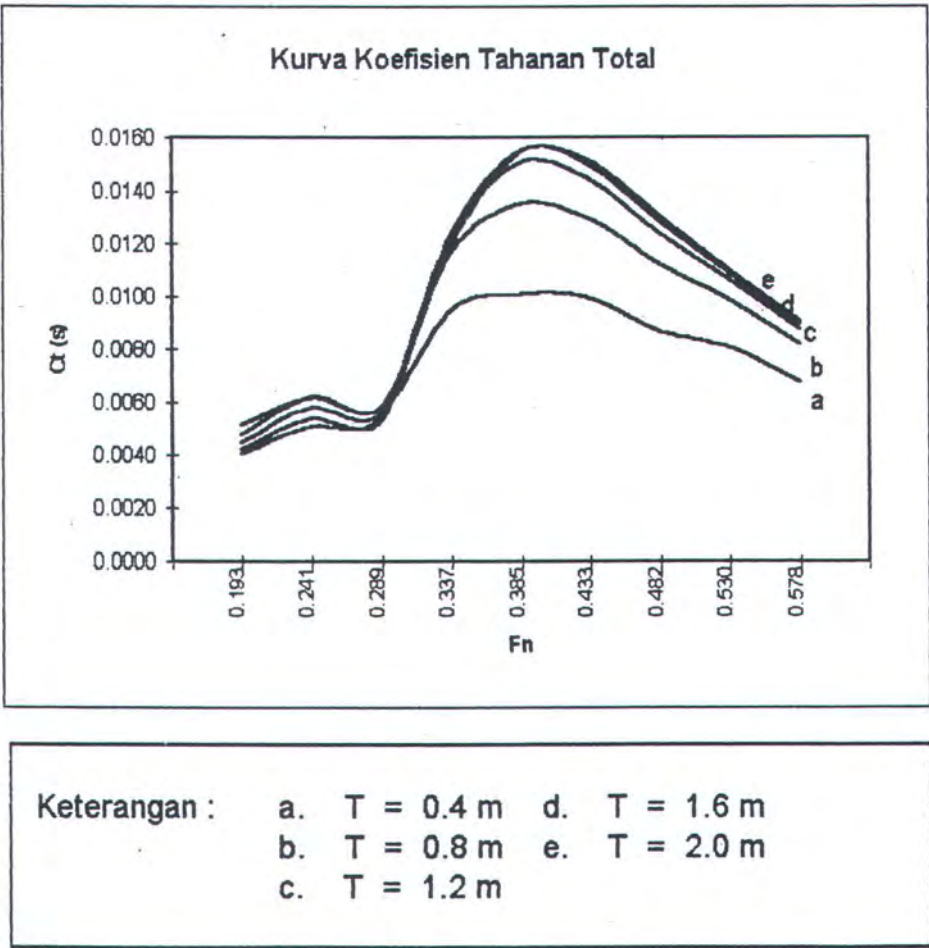


Keterangan : a. T = 0.4 m d. T = 1.6 m
 b. T = 0.8 m e. T = 2.0 m
 c. T = 1.2 m

Gambar 6.38 Kurva Tahanan Total Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total				
		T = 0.4 m	T = 0.8 m	T = 1.2 m	T = 1.6 m	T = 2.0 m
2.00	0.193	0.0051	0.0048	0.0044	0.0042	0.0040
2.50	0.241	0.0062	0.0062	0.0058	0.0054	0.0051
3.00	0.289	0.0057	0.0059	0.0056	0.0053	0.0055
3.50	0.337	0.0095	0.0117	0.0124	0.0123	0.0120
4.00	0.385	0.0101	0.0135	0.0151	0.0155	0.0155
4.50	0.433	0.0099	0.0130	0.0144	0.0150	0.0152
5.00	0.482	0.0087	0.0112	0.0124	0.0129	0.0131
5.50	0.530	0.0081	0.0099	0.0106	0.0109	0.0110
6.00	0.578	0.0068	0.0082	0.0088	0.0090	0.0091

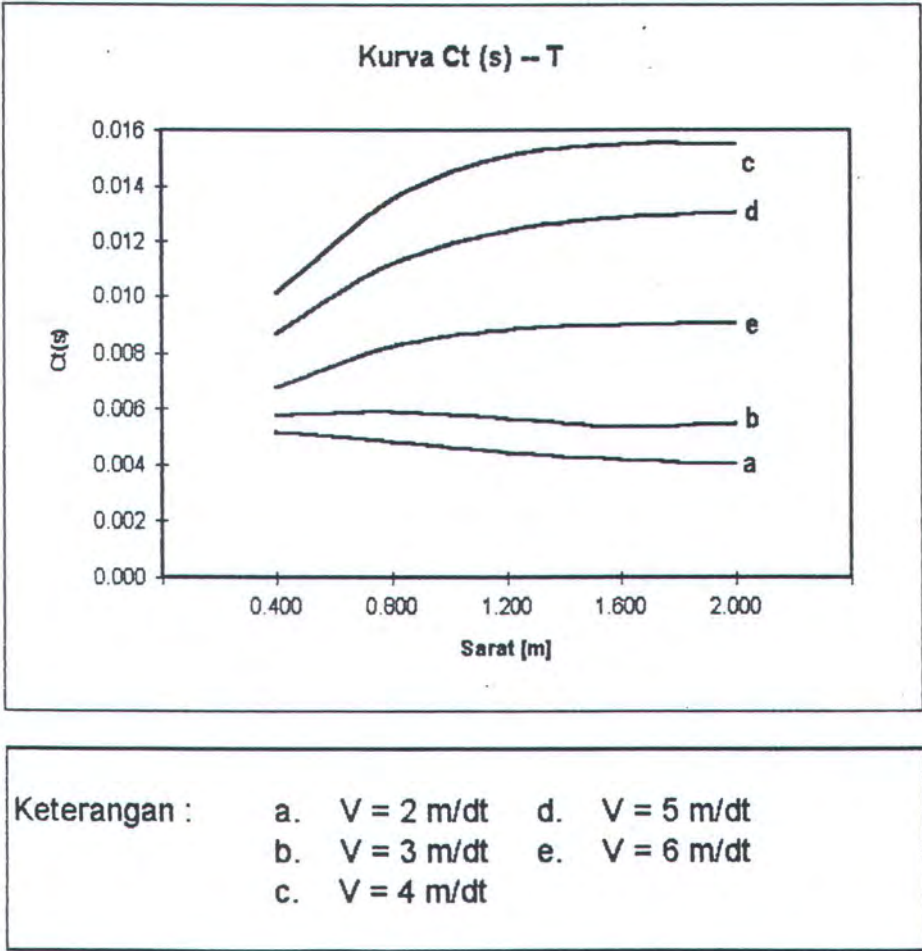
Tabel 6.38 Koefisien Tahanan Total Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m



Gambar 6.39 Kurva Koefisien Tahanan Total Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

T [m]	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
0.400	0.0051	0.0057	0.0101	0.0087	0.0068
0.800	0.0048	0.0059	0.0135	0.0112	0.0082
1.200	0.0044	0.0056	0.0151	0.0124	0.0088
1.600	0.0042	0.0053	0.0155	0.0129	0.0090
2.000	0.0040	0.0055	0.0155	0.0131	0.0091

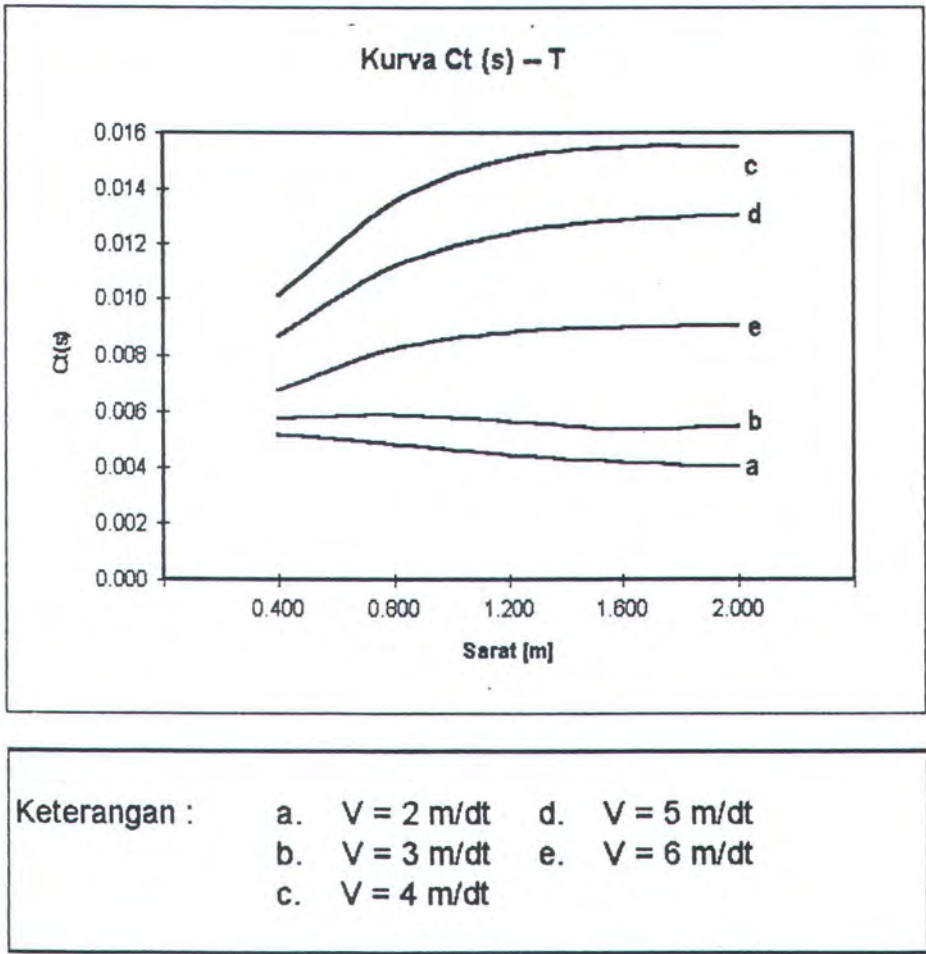
Tabel 6.39 Koefisien Tahanan Gelombang Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m



Gambar 6.40 Kurva Ct (s) – T Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

T [m]	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
0.400	0.0051	0.0057	0.0101	0.0087	0.0068
0.800	0.0048	0.0059	0.0135	0.0112	0.0082
1.200	0.0044	0.0056	0.0151	0.0124	0.0088
1.600	0.0042	0.0053	0.0155	0.0129	0.0090
2.000	0.0040	0.0055	0.0155	0.0131	0.0091

Tabel 6.39 Koefisien Tahanan Gelombang Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m



Gambar 6.40 Kurva Ct (s) – T Strut
dengan sarat 0.4 – 2.0 m

6.3.4. PENGARUH JARAK STRUT PADA TAHANAN STRUT

Perhitungan dilakukan dengan data strut sebagai berikut:

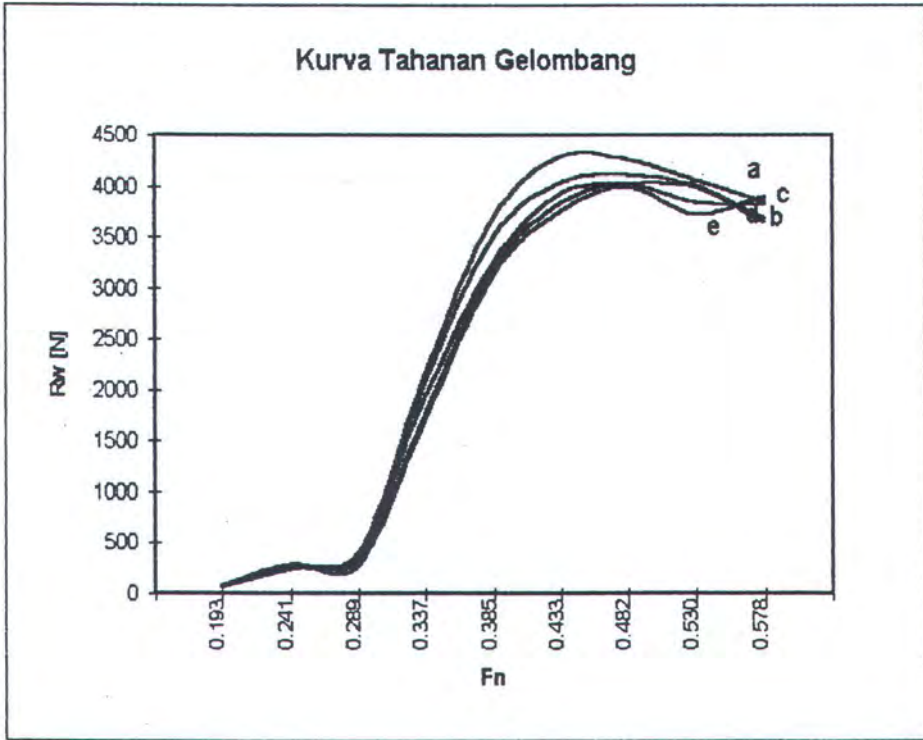
Data Strut:

- Bentuk	=	parabola.
- Panjang (L)	=	7 m
- Tebal maks.(t)	=	0,6 m
- Volume (V)	=	6,65 m ³
- WSA	=	33,7 m ²
- Sarat (T)	=	1,2 m
- Jarak hull (S)	=	3 -- 5 m
- t/L	=	0,086

Dari data berikut ini didapat bahwa harga maksimum tahanan gelombang yang terbesar adalah pada jarak hull $S = 3,0$ m dan harga maksimum terkecil adalah pada jarak $S = 5,0$ m. Untuk kecepatan rendah (sampai $Fn = 0.24$), tahanan gelombang terkecil pada jarak $S = 3,5$ m, dan yang terbesar pada jarak $4,5$ m. Pada kecepatan yang lebih tinggi (antara $Fn = 0,289$ -- $0,530$) tahanan gelombang terkecil pada jarak $S = 5,0$ m dan yang terbesar pada jarak $S = 3,0$ m. Untuk Selanjutnya pada $Fn = 0,578$, tahanan gelombang terkecil pada jarak strut $S = 4,0$ m dan terbesar pada jarak $S = 3,5$ m. Ketidak teraturan perubahan tahanan gelombang terhadap perubahan jarak strut ini dikarenakan faktor interferensi twin hull yang merupakan fungsi dari jarak strut dan kecepatan. Untuk tahanan gesek tidak ada perbedaan tahanan akibat perubahan jarak. Sedang untuk koefisien tahanan totalnya, perubahannya karena perubahan jarak strut tidak terlalu besar dan tidak beraturan.

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]				
		S =3.0 m	S =3.5 m	S =4.0 m	S =4.5 m	S =5.0 m
2.00	0.193	73.5	64.9	76.1	82.6	76.5
2.50	0.241	281.9	245.5	274.5	291.9	279.8
3.00	0.289	401.9	393.7	382.7	333.2	286.0
3.50	0.337	2157.2	2070.3	1930.2	1751.9	1709.5
4.00	0.385	3696.1	3517.6	3263.5	3204.8	3139.7
4.50	0.433	4284.0	4036.5	3934.0	3834.0	3759.8
5.00	0.482	4262.8	4114.5	4015.9	4025.3	3996.7
5.50	0.530	4062.6	4012.1	3989.5	3842.9	3722.3
6.00	0.578	3848.1	3693.2	3643.5	3825.6	3894.6

Tabel 6.40 Tahanan Gelombang Strut
dengan $S = 3.0 - 5.0 \text{ m}$

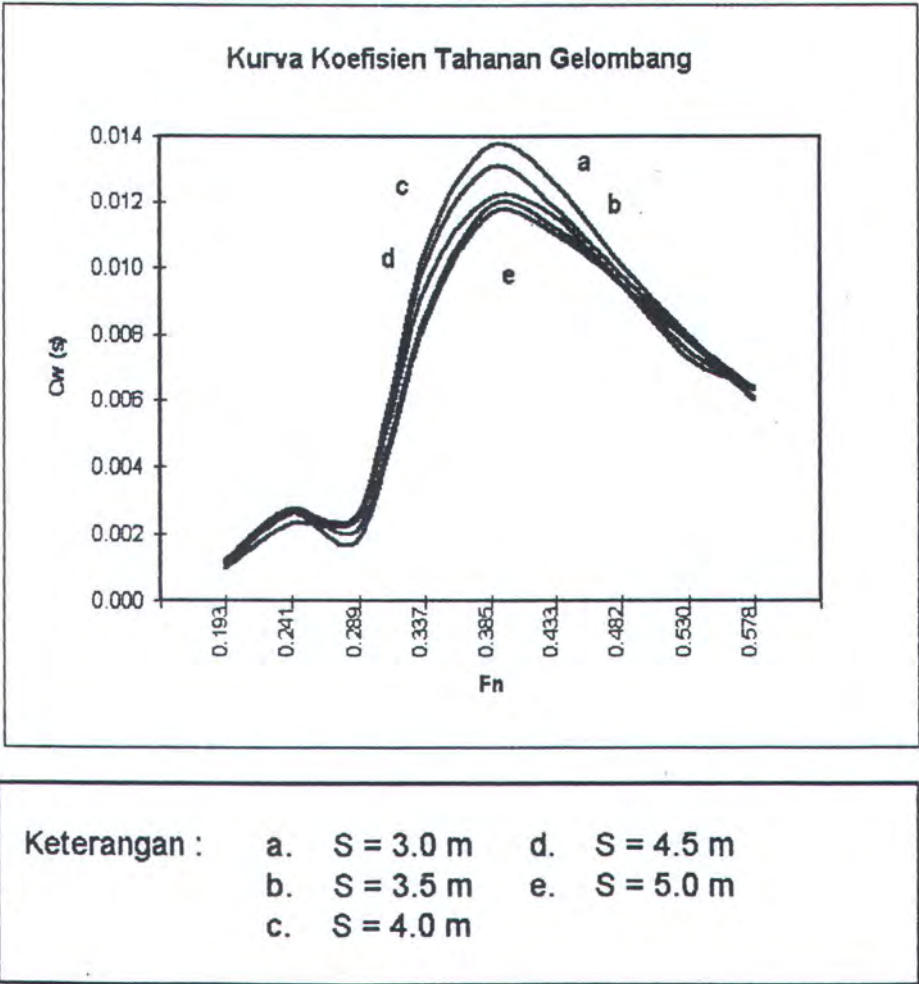


Keterangan : a. $S = 3.0 \text{ m}$ d. $S = 4.5 \text{ m}$
 b. $S = 3.5 \text{ m}$ e. $S = 5.0 \text{ m}$
 c. $S = 4.0 \text{ m}$

Gambar 6.41 Kurva Tahanan Gelombang Strut
dengan $S = 3.0 - 5.0 \text{ m}$

Kec [m/dt]	Fn	CWs				
		S =3.0 m	S =3.5 m	S =4.0 m	S =4.5 m	S =5.0 m
2.00	0.193	0.0011	0.0010	0.0011	0.0012	0.0011
2.50	0.241	0.0027	0.0023	0.0026	0.0028	0.0027
3.00	0.289	0.0027	0.0026	0.0025	0.0022	0.0019
3.50	0.337	0.0105	0.0100	0.0094	0.0085	0.0083
4.00	0.385	0.0137	0.0130	0.0121	0.0119	0.0116
4.50	0.433	0.0126	0.0118	0.0115	0.0112	0.0110
5.00	0.482	0.0101	0.0098	0.0095	0.0096	0.0095
5.50	0.530	0.0080	0.0079	0.0078	0.0075	0.0073
6.00	0.578	0.0063	0.0061	0.0060	0.0063	0.0064

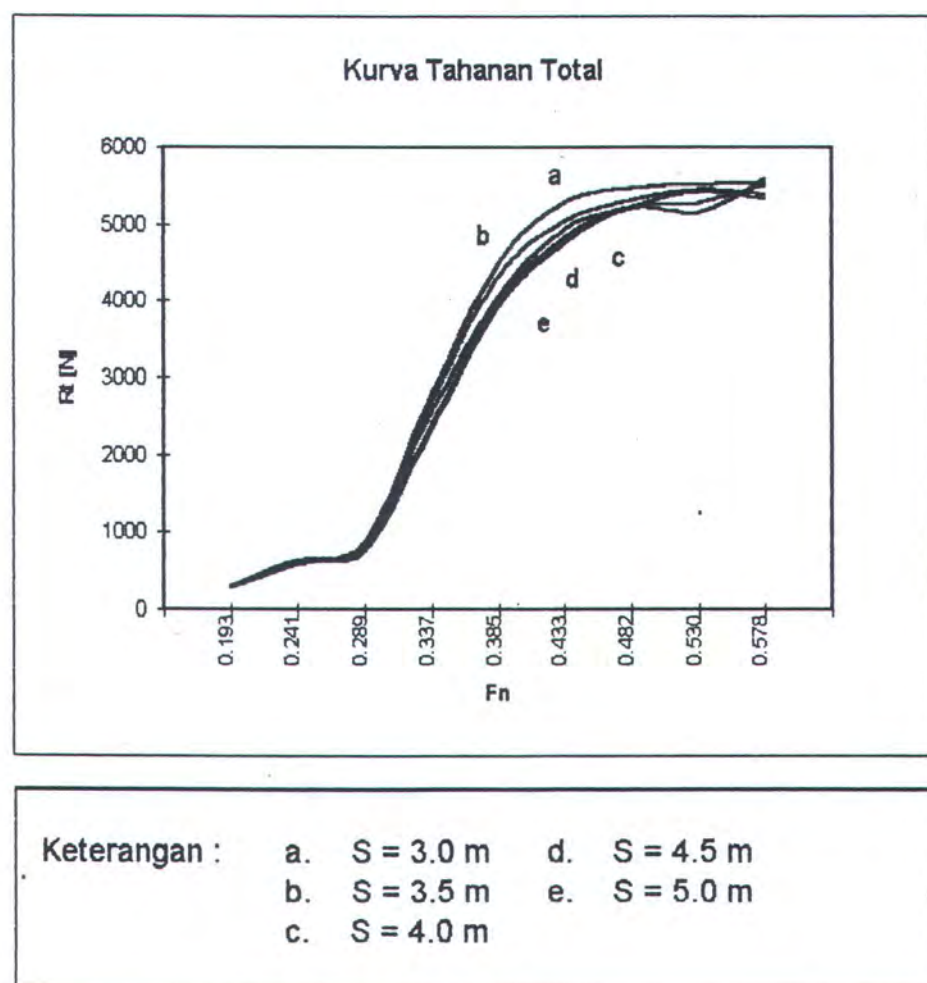
Tabel 6.41 Koefisien Tahanan Gelombang Strut dengan $S = 3.0 - 5.0\text{ m}$



Gambar 642 Kurva Koefisien Tahanan Gelombang Strut dengan $S = 3.0 - 5.0\text{ m}$

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]				
		S = 3.0 m	S = 3.5 m	S = 4.0 m	S = 4.5 m	S = 5.0 m
2.00	0.193	297.2	288.6	299.8	306.3	300.2
2.50	0.241	618.7	582.3	611.3	628.7	616.6
3.00	0.289	872.6	864.4	853.4	803.9	756.7
3.50	0.337	2782.0	2695.1	2555.0	2376.7	2334.3
4.00	0.385	4494.8	4316.3	4062.2	4003.5	3938.4
4.50	0.433	5276.2	5028.7	4926.2	4826.2	4752.0
5.00	0.482	5467.6	5319.3	5220.7	5230.1	5201.5
5.50	0.530	5498.9	5448.4	5425.8	5279.2	5158.6
6.00	0.578	5534.6	5379.7	5330.0	5512.1	5581.1

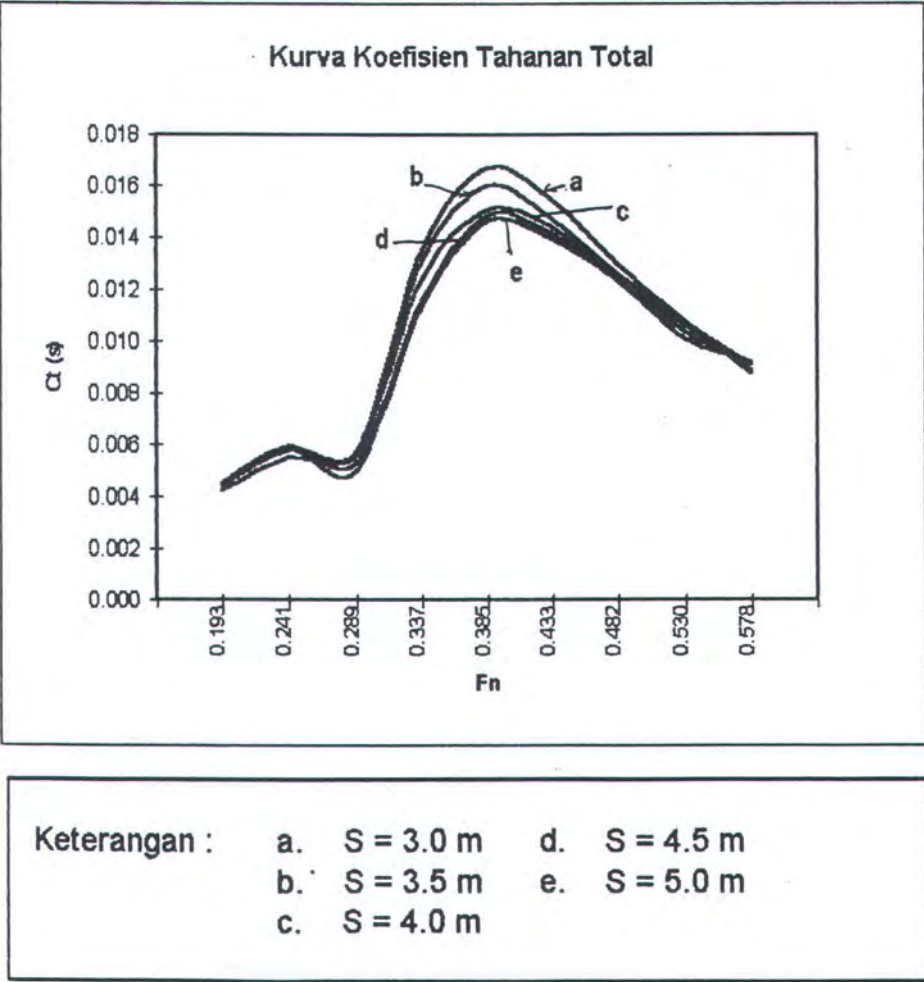
Tabel 6.43 Tahanan Total Strut
dengan $S = 3.0 - 5.0$ m



Gambar 6.44 Kurva Tahanan Total Strut
dengan $S = 3.0 - 5.0$ m

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total				
		S =3.0 m	S =3.5 m	S =4.0 m	S =4.5 m	S =5.0 m
2.00	0.193	0.0044	0.0043	0.0044	0.0045	0.0045
2.50	0.241	0.0059	0.0055	0.0058	0.0060	0.0059
3.00	0.289	0.0058	0.0057	0.0056	0.0053	0.0050
3.50	0.337	0.0135	0.0131	0.0124	0.0115	0.0113
4.00	0.385	0.0167	0.0160	0.0151	0.0148	0.0146
4.50	0.433	0.0155	0.0147	0.0144	0.0141	0.0139
5.00	0.482	0.0130	0.0126	0.0124	0.0124	0.0123
5.50	0.530	0.0108	0.0107	0.0106	0.0104	0.0101
6.00	0.578	0.0091	0.0089	0.0088	0.0091	0.0092

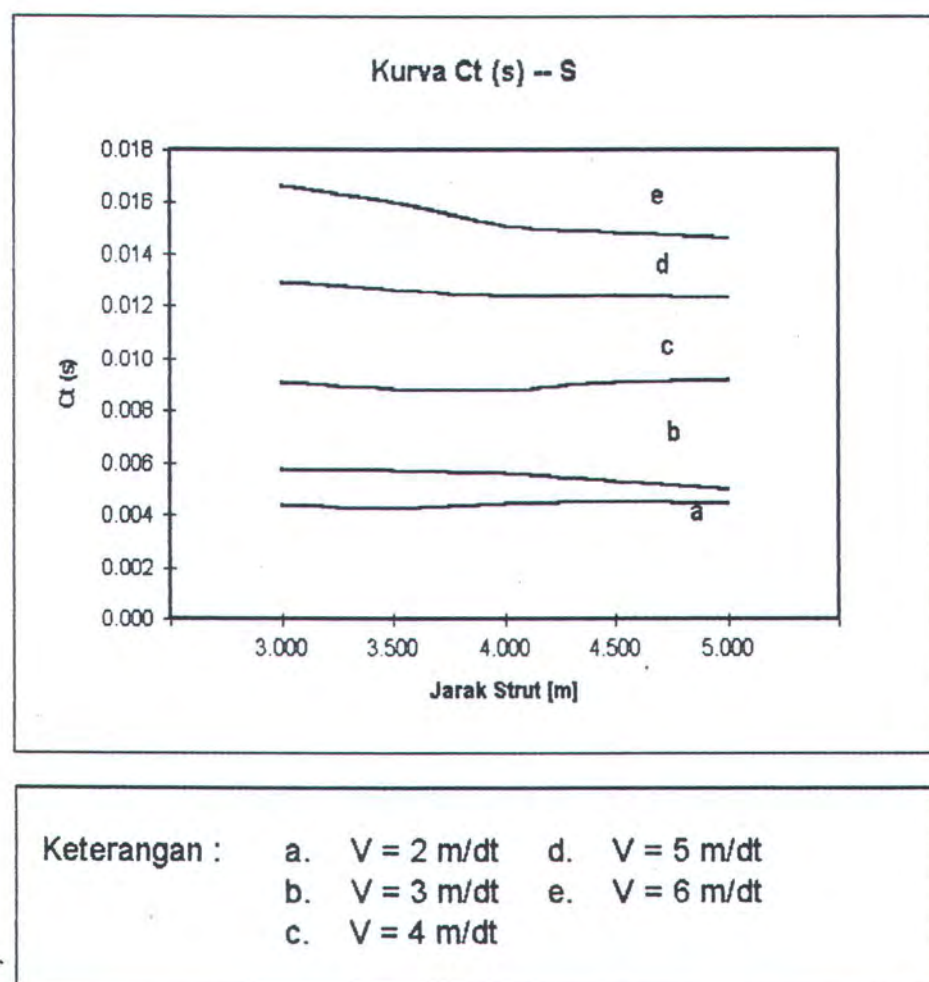
Tabel 6.44 Koefisien Tahanan Total Strut
dengan S = 3.0 – 5.0 m



Gambar 6.45 Kurva Koefisien Tahanan Total Strut
dengan S = 3.0 – 5.0 m

S [m]	Koefisien Tahanan Total				
	v = 2 m/dt	v = 3 m/dt	v = 4 m/dt	v = 5 m/dt	v = 6 m/dt
3.000	0.0044	0.0058	0.0167	0.0130	0.0091
3.500	0.0043	0.0057	0.0160	0.0126	0.0089
4.000	0.0044	0.0056	0.0151	0.0124	0.0088
4.500	0.0045	0.0053	0.0148	0.0124	0.0091
5.000	0.0045	0.0050	0.0146	0.0123	0.0092

Tabel 6.45 Koefisien Tahanan Gelombang Strut
dengan $S = 3.0 - 5.0$ m



Gambar 6.46 Kurva C_t (s) – S Strut
dengan $S = 3.0 - 5.0$ m

6.3.5. PENGARUH BENTUK STRUT PADA TAHANAN STRUT

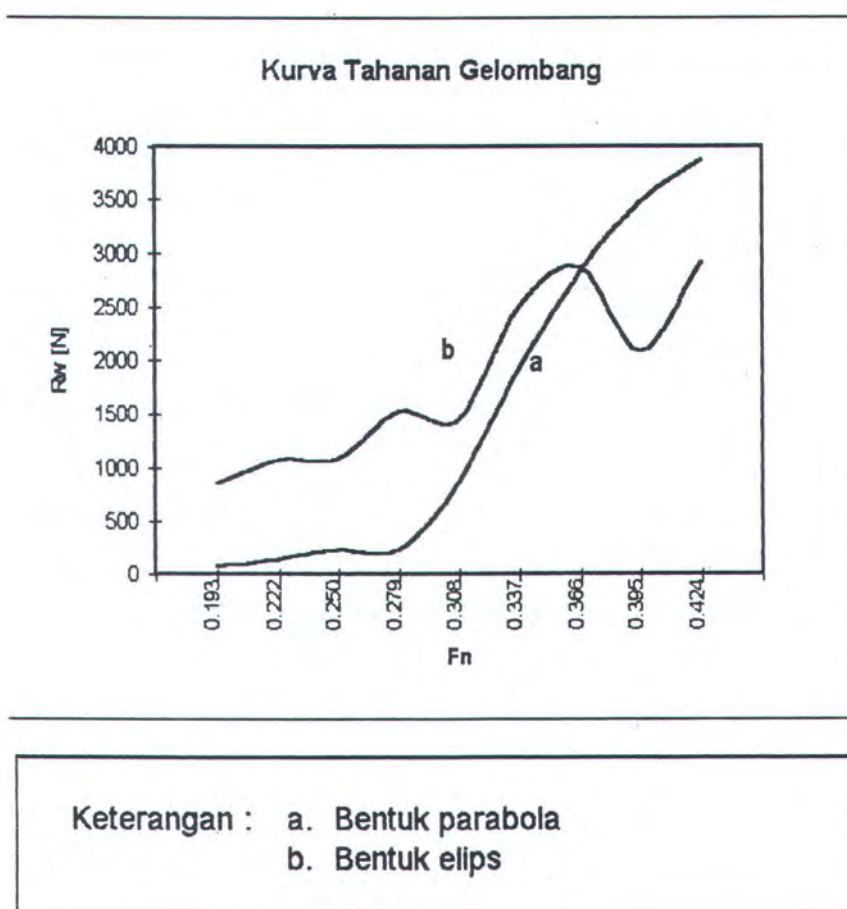
Data Strut:

- Bentuk	=	parabola, elips.
- Panjang (L)	=	7 m
- Tebal maks.(t)	=	0,6 m
- Volume (V)	=	6,65 -- 7,82 m ³
- WSA	=	33,7 -- 33,8 m ²
- Sarat (T)	=	1,2 m
- Jarak hull (S)	=	4 m
- t/L	=	0,086

Dari data hasil perhitungan berikut ini didapat bahwa terdapat perbedaan karakteristik tahanan gelombang antara bentuk parabola dan elips. Tahanan gelombang bentuk elips terdapat banyak lekukan sedang pada bentuk parabola hanya sedikit. Secara umum, untuk kecepatan yang sama tahanan gelombang bentuk elips lebih tinggi dari pada bentuk parabola. Pada kecepatan $Fn = 0,395$ tahanan gelombang bentuk elips lebih kecil dari pada bentuk parabola, karena pada kecepatan tersebut terjadi lekukan. Sedang koefisien tahanan gelombangnya, untuk bentuk elips harganya berfluktuasi, dan bentuk parabola hanya terdapat beberapa lekukan. Perbedaan bentuk karakter kedua kurva ini disebabkan adanya perbedaan gradien ($d\eta/dx$) bentuk elips dan parabola yang mana gradien ini mempengaruhi karakteristik tahanan gelombang. Sudut masuk bentuk elips lebih besar dari bentuk parabola. Untuk tahanan total, bentuk kurvanya sama dengan kurva tahanan gelombang. Ini disebabkan tahanan gesek masing-masing bentuk tidak ada perbedaan, karena WSA nya hampir sama.

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gelombang [N]	
		parabola	elips
2.00	0.193	76.1	852.5
2.30	0.222	142.6	1071.5
2.60	0.250	227.1	1078.5
2.90	0.279	231.5	1525.9
3.20	0.308	863.2	1453.2
3.50	0.337	1930.2	2508.7
3.80	0.366	2829.5	2868.3
4.10	0.395	3478.8	2083.5
4.40	0.424	3878.7	2918.0

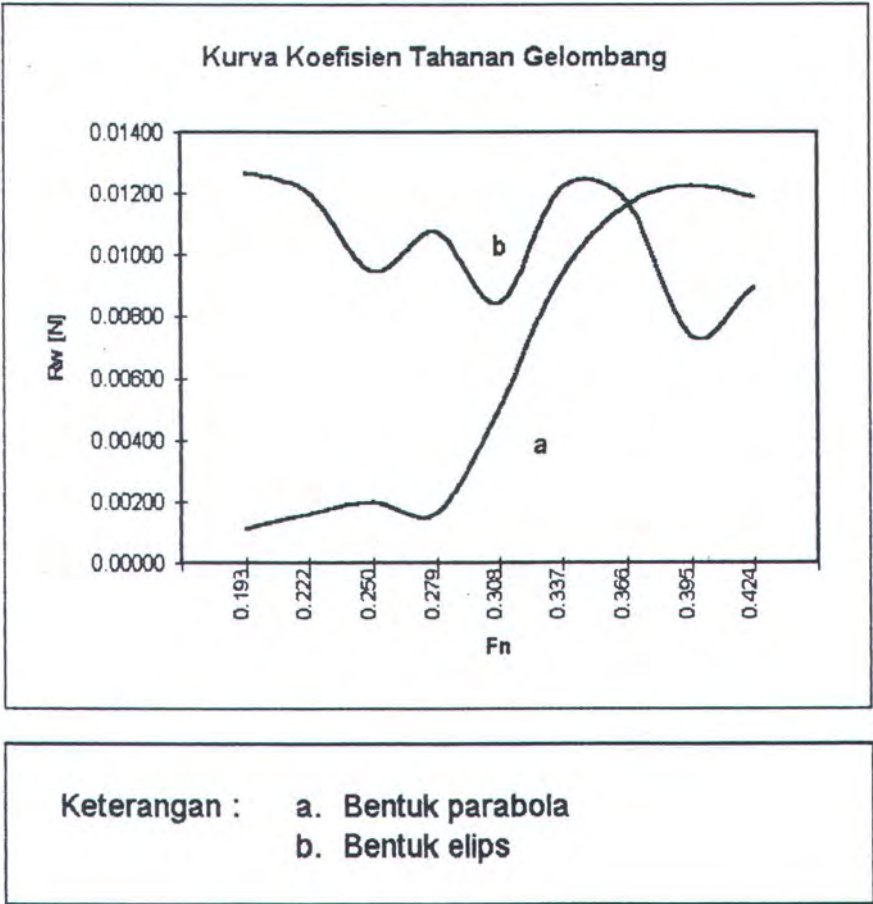
Tabel 6.46 Tahanan Gelombang Strut dengan bentuk parabola dan elips



Gambar 6.47 Kurva Tahanan Gelombang Strut dengan bentuk parabola dan elips

Kec [m/dt]	Fn	CWs	
		parabola	elips
2.00	0.193	0.0011	0.0127
2.30	0.222	0.0016	0.0120
2.60	0.250	0.0020	0.0095
2.90	0.279	0.0016	0.0108
3.20	0.308	0.0050	0.0084
3.50	0.337	0.0093	0.0122
3.80	0.366	0.0116	0.0118
4.10	0.395	0.0123	0.0074
4.40	0.424	0.0119	0.0090

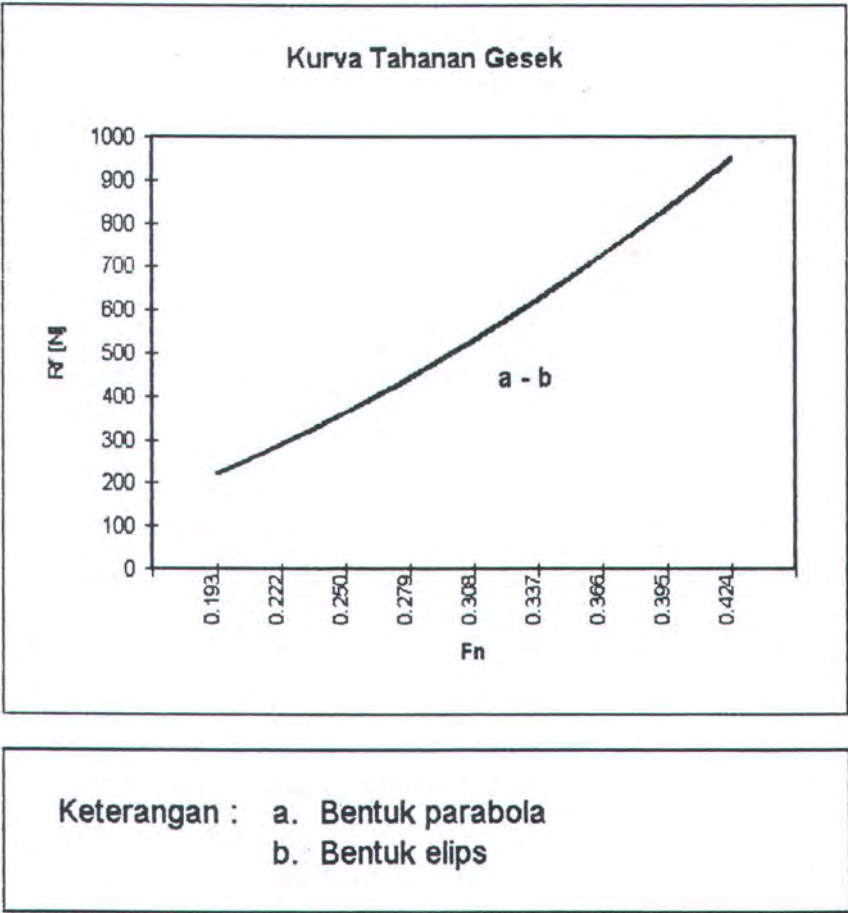
Tabel 6.47 Koefisien Tahanan Gelombang Strut dengan bentuk parabola dan elips



Gambar 6.48 Kurva Tahanan Gelombang Strut dengan bentuk parabola dan elips

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Gesek [N]	
		parabola	elips
2.00	0.193	223.7	223.2
2.30	0.222	289.0	288.3
2.60	0.250	361.9	360.9
2.90	0.279	442.2	441.1
3.20	0.308	529.9	528.5
3.50	0.337	624.8	623.2
3.80	0.366	726.8	724.9
4.10	0.395	835.9	833.7
4.40	0.424	952.0	949.5

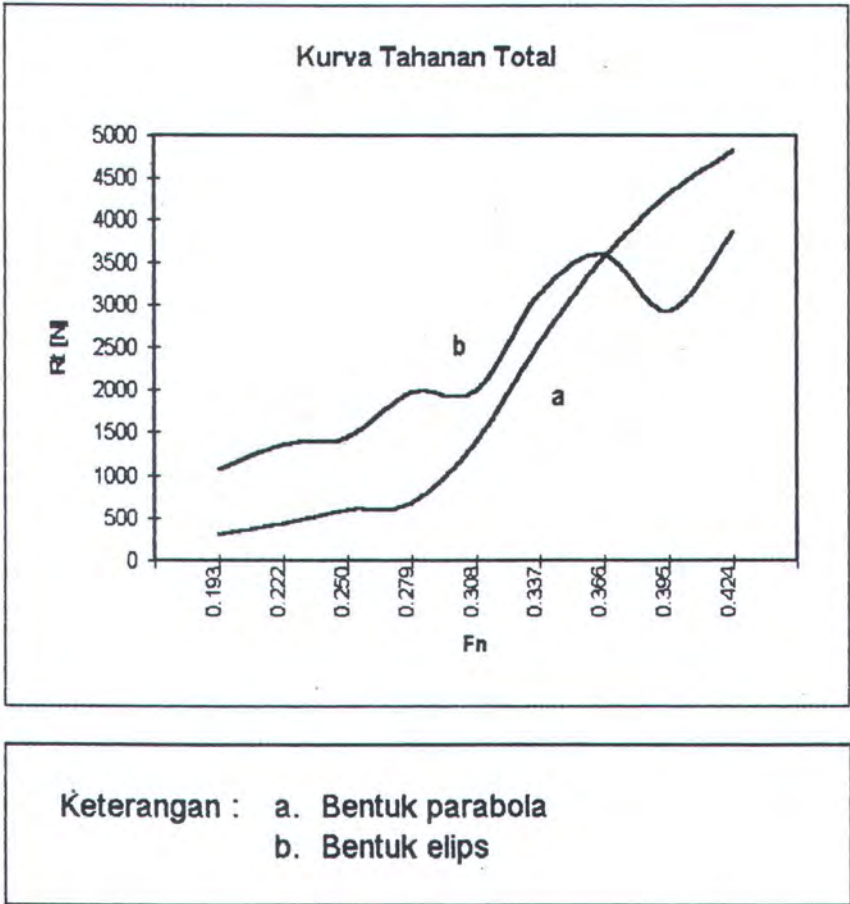
Tabel 6.48 Tahanan Gesek Strut dengan bentuk parabola dan elips



Gambar 6.49 Kurva Tahanan Gesek Strut dengan bentuk parabola dan elips

Kec [m/dt]	Fn	Tahanan Total [N]	
		parabola	elips
2.00	0.193	299.8	1075.7
2.30	0.222	431.6	1359.8
2.60	0.250	589.0	1439.4
2.90	0.279	673.7	1967.0
3.20	0.308	1393.1	1981.7
3.50	0.337	2555.0	3131.9
3.80	0.366	3556.3	3593.2
4.10	0.395	4314.7	2917.2
4.40	0.424	4830.7	3867.5

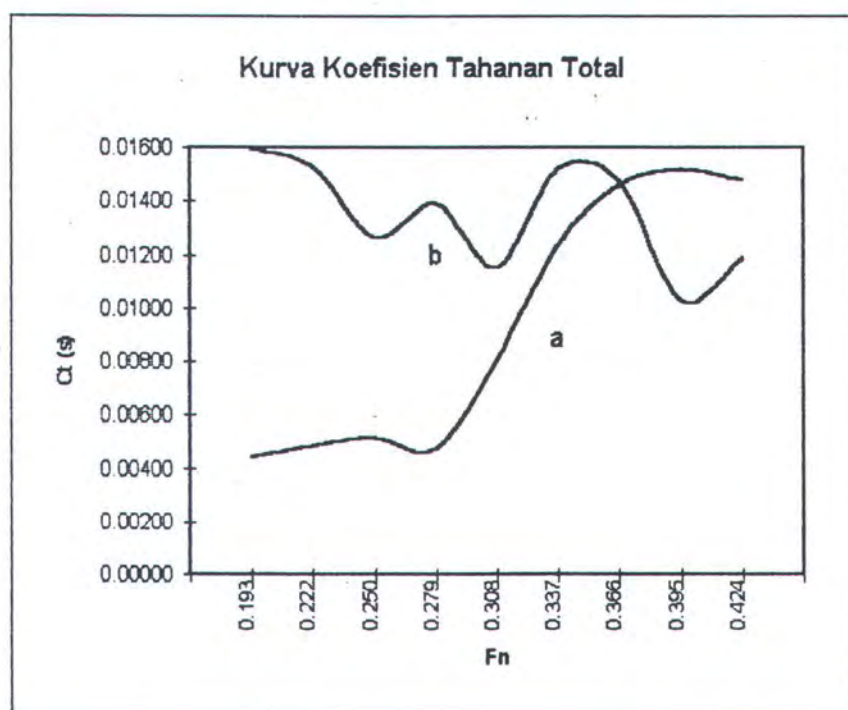
Tabel 6.49 Tahanan Total Strut dengan bentuk parabola dan elips



Gambar 6.50 Kurva Tahanan Total Strut dengan bentuk parabola dan elips

Kec [m/dt]	Fn	Koefisien Tahanan Total	
		parabola	elips
2.00	0.193	0.0044	0.0160
2.30	0.222	0.0048	0.0153
2.60	0.250	0.0052	0.0126
2.90	0.279	0.0047	0.0139
3.20	0.308	0.0081	0.0115
3.50	0.337	0.0124	0.0152
3.80	0.366	0.0146	0.0148
4.10	0.395	0.0152	0.0103
4.40	0.424	0.0148	0.0119

Tabel 6.50 Koefisien Tahanan Total Strut dengan bentuk parabola dan elips



Keterangan : a. Bentuk parabola
b. Bentuk elips

Gambar 6.51 Kurva Koefisien Tahanan Total Strut dengan bentuk parabola dan elips

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan menggunakan model matematis, perhitungan prediksi tahanan kapal, khususnya SWATH dapat dilakukan secara analitis. Perbedaan antara hasil perhitungan dan hasil eksperimen yang terjadi relatif kecil, dan ini bisa diatasi dengan penambahan berbagai koreksi terhadap hasil perhitungan.

7.1. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan tahanan hull dan strut dengan berbagai parameter dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar tahanan hull dan strut tergantung dari bentuk dan ukuran, serta beberapa parameter yang lain, yaitu : kecepatan, bentuk ujung, keruncingan atau kelangsingan ujung, sarat, dan jarak twin hull.
2. Semakin besar kecepatan semakin besar tahanannya, dan khusus pada strut terjadi penurunan pada kecepatan-kecepatan tertentu akibat interferensi.
3. Untuk hull, bentuk yang ideal adalah bentuk elips, sedang untuk strut adalah bentuk parabola.
4. Tahanan yang rendah diperoleh dengan memperbesar harga keruncingan atau kelangsingan (*slenderness*), baik hull maupun strut.
5. Bertambahnya sarat menyebabkan penurunan tahanan hull, tetapi sebaliknya memperbesar tahanan strut.

6. Jarak twin hull yang ideal tidak bisa ditentukan secara umum dengan memperbesar atau memperkecil jarak twin hull, karena adanya faktor interferensi yang merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak twin hull. Tetapi pada jarak yang cukup besar, dimana interferensi tidak terjadi lagi, tahanan menjadi dua kali tahanan satu demihull.

7.2. SARAN

Dengan memperhatikan hasil perhitungan dan pembahasannya, maka di sini perlu dikemukakan beberapa saran antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil prediksi yang lebih akurat maka perhitungan tahanan hull dan strut harus dilakukan secara terpadu sehingga tidak ada lagi koreksi pada daerah persekutuan hull dan strut.
2. Agar mendapat parameter yang ideal maka perlu dibuat suatu optimisasi yang terpadu antara hull dan strut, sehingga tidak terjadi suatu parameter yang paradoks antara hull dan strut. Sebagaimana yang terjadi pada parameter sarat, dimana untuk hull diperlukan sarat yang besar, sedang untuk strut diperlukan sarat yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chapman, R.B, **Hydrodynamic of Semisubmerged Ship**, *Journal of Basic Engineering*, 1972.
2. Chapman, R.B, **Spray Drag of Surface Pierching Struts**, *AIAA / SNAME / USN Advanced Marine Vehicles Meeting*, 1972.
3. Chun, H.H., **Theoritical and Experimental Studies on The Resistance of SWATH Ship**, Doctor Thesis, Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Glasgow, 1988
4. Harvald, Sv. Aa., **Resistance and Propulsion of Ships**, John Wiley and Sons, Canada, 1983.
5. H.M., Jogyanto, **Teori dan Aplikasi Program Komputer Bahasa Pascal**, Penerbit Andi Offset Yogyakarta, 1989.
6. Lewis, E.V., **Principle of Naval Architecture**, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New Jersey, Vol. 2, 1988.
7. Ozawa, H, **The Design and Operation of Catamaran Vessels**, *Mitsui and Shipbuilding Journal*, 1987.
8. Salvesen, Nils, **Hydro-Numeric Design of SWATH Ships**, *SNAME Transactions*, Vol. 93, 1985, pp 325 - 346.
9. Siswanto, Digul, **Penentuan Jarak Twin Hull Kapal SWATH Yang Paling Baik Dari Segi Tahanan**, Laporan Penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS, Surabaya, 1993.

LAMPIRAN A

PROGRAM PERHITUNGAN PREDIKSI TAHANAN KAPAL SWATH

oleh : Moh Nurul Misbah

Nrp. 4914100408

T.Perkapalan, FTK, ITS

USES crt;

TYPE

 bil_complex=record

 re:real;

 im:real;

 end;

LABEL 10;

FUNCTION cosh(x:real):real;

 begin

 cosh:=(exp(x)+exp(-x))/2;

 end;

FUNCTION sinh(x:real):real;

 begin

 sinh:=(exp(x)-exp(-x))/2;

 end;

PROCEDURE mul(p,q:bil_complex,var z:bil_complex);

 begin

 z.re:=(p.re*q.re)-(p.im*q.im);

 z.im:=(p.re*q.im)+(p.im*q.re);

 end;

VAR

{HULL} n,i,k:integer;

 a1,a2,a3,a4,a5,a6:array[0..5] of real;

 c1,c2,c3,c4,c5,c6:array[0..5] of real;

 a,b,xo,b2,dia,ba:array[0..5] of real;

 v,c,f,s,us:real;

 h:integer;

 g,rho,ko:real;

 m:array[0..10] of real;

 ma,kons,komplex,int:array[0..10,0..5] of real;

 ko1,ko2,ko3,ko4,ko5,ko6:array [0..10,0..5] of real;

 sum,resistance:real;

 twin,res,integ,fres:array [0..10] of real;

```

komp1,komp4:array [0..10,0..5] of bil_complex;
prod1,prod2,prod3,prod4:array[0..10,0..5]of bil_complex;
hasil:array [0..10,0..5] of bil_complex;
s0,s1,s2,s3,s4,s5,s6:array [0..10,0..10] of real;
u,j,fac,fact,jk,ki:integer;
p1,p2,p3,p4,p5,p6:real;
x,rad,rad2,luas,kel:array[0..10,0..10]of real;
vol,surf,volume,surface,resk,fresk,bag,ab,totk,bvol:array[0..40]of real;
resis,tvol,tsur,fresis,loa:real;
Cf,Rn,vis,dc:real;
form:string;
z11,z21,z31,z41,gab1:array[0..10,0..5]of bil_complex;
z12,z22,z32,z42,gab2:array[0..10,0..5]of bil_complex;
z13,z23,z33,z43,gab3:array[0..10,0..5]of bil_complex;
z14,z24,z34,z44,gab4:array[0..10,0..5]of bil_complex;
z15,z25,z35,z45,gab5:array[0..10,0..5]of bil_complex;
z16,z26,z36,z46,gab6:array[0..10,0..5]of bil_complex;
lagi:integer;

```

```

{STRUT} zo,xos:real;
hasil,komps1:array [0..10,0..10]of bil_complex;
konss1,konss2,konss3:array [0..10,0..10] of real;
facs,ressi,facss:real;
ints,komplexs,plexs:array [0..10,0..10]of real;
teta,jarak,wpa,vols,surfs:real;
xs,eta,jrk:array [0..20] of real;
huruf,bentuk:byte;
tots,fress,ress,bags,bagv,nomor:array[0..20] of real;
l,l2,t,y:array [0..20] of real;
elm:array [0..20] of bil_complex;
kasil: bil_complex;
ressis:real;
intgs,tp:array[0..100] of real;
Cfs,loas,Rns:real;

```

```

PROCEDURE input_data;
begin
  write('Kecepatan = ');read(v);
  write('Tambahan kecepatan = ');read(dc);
  write('Jumlah kecepatan = ');read(jk);
  write('Jarak twin hull = ');read(s);
  write('Kedalaman rata-rata sumbu hull = ');read(f);
  write('Panjang LOA = ');read(loa);
  for i:=1 to n do
    begin

```

```
writeln('Panjang bag ujung = ');read(a[i]);
writeln('Diameter hull= ');read(dia[i]);
writeln('Bentuk = ');
writeln('1. Ellipsoide');
writeln('2. Paraboloid');
writeln('3. Silinder');
writeln('4. Sebarang');
write('Pilih nomer (1-3) ? ');read(bentuk);
xo[i]:=0;
b[i]:=dia[i]/2;
case bentuk of
```

```
1: begin
```

```
    c1[i]:=0;
    c2[i]:=-1;
    c3[i]:=0;
    c4[i]:=0;
    c5[i]:=0;
    c6[i]:=0;
end;
```

```
2: begin
```

```
    c1[i]:=0;
    c2[i]:=-2;
    c3[i]:=0;
    c4[i]:=1;
    c5[i]:=0;
    c6[i]:=0;
end;
```

```
3: begin
```

```
    c1[i]:=0;
    c2[i]:=0;
    c3[i]:=0;
    c4[i]:=0;
    c5[i]:=0;
    c6[i]:=0;
end;
```

```
4: begin
```

```
    write('a1 = ');read(c1[i]);
    write('a2 = ');read(c2[i]);
    write('a3 = ');read(c3[i]);
    write('a4 = ');read(c4[i]);
    write('a5 = ');read(c5[i]);
    write('a6 = ');read(c6[i]);
end;
```



```
else
end;
```

```
ba[i]:=b[i]/a[i];
```

```
if (bentuk=1) then form:='elipsoide';
if (bentuk=2) then form:='paraboloide';
end;
```

```
a1[i]:=c1[i];
a2[i]:=c2[i]*(ba[i]);
a3[i]:=c3[i]*sqr(ba[i])*ba[i];
a4[i]:=c4[i]*sqr(ba[i]*ba[i]);
a5[i]:=c5[i]*sqr(ba[i]*ba[i])*ba[i];
a6[i]:=c6[i]*sqr(ba[i]*ba[i]*ba[i]);
```

```
PROCEDURE hitung;
```

```
  BEGIN
```

```
  FOR K:=0 TO JK DO
```

```
  BEGIN
```

```
    c:=v+(k*dc);
```

```
    rho:=1000;
```

```
    g:=9.81;
```

```
    ko:=g/(c*c);
```

```
    h:=10;
```

```
    for u:=0 to h do
```

```
      begin
```

```
        us:=2*u/h;
```

```
        for i:=1 to n do
```

```
          begin
```

```
            m[u]:=ko*cosh(us);
```

```
            ma[u,i]:=m[u]*a[i];
```

```
            kons[u,i]:=0.5*c*b[i]*b[i]*exp(-f*m[u]*m[u]/ko);
```

```
            kompl[u,i].re:=cos(m[u]*xo[i]);
```

```
            kompl[u,i].im:=sin(m[u]*xo[i]);
```

```
            ko1[u,i]:=-a1[i]/ma[u,i];
```

```
            ko2[u,i]:=-2*a2[i]/sqr(ma[u,i]);
```

```
            ko3[u,i]:=-6*a3[i]/(ma[u,i]*sqr(ma[u,i]));
```

```
            ko4[u,i]:=-24*a4[i]/sqr(ma[u,i]*ma[u,i]);
```

```
            ko5[u,i]:=-120*a5[i]/(ma[u,i]*sqr(ma[u,i]*ma[u,i]));
```

```
            ko6[u,i]:=-720*a6[i]/sqr(ma[u,i]*ma[u,i]*ma[u,i]);
```

```
            z11[u,i].re:=0;
```

```
            z11[u,i].im:=ko1[u,i];
```

```

z12[u,i].re:=ko2[u,i];
z12[u,i].im:=0;
z13[u,i].re:=0;
z13[u,i].im:=ko3[u,i];
z14[u,i].re:=ko4[u,i];
z14[u,i].im:=0;
z15[u,i].re:=0;
z15[u,i].im:=ko5[u,i];
z16[u,i].re:=ko6[u,i];
z16[u,i].im:=0;

```

```

end;
end;

```

```

for u:=0 to h do

```

```

begin

```

```

us:=2*u/h;

```

```

for i:=1 to n do

```

```

begin

```

```

s0[u,i]:=1;

```

```

s1[u,i]:=ma[u,i];

```

```

s2[u,i]:=-sqr(ma[u,i])/2;

```

```

s3[u,i]:=-sqr(ma[u,i])*ma[u,i]/6;

```

```

s4[u,i]:=sqr(ma[u,i])*ma[u,i]/24;

```

```

s5[u,i]:=sqr(ma[u,i])*ma[u,i])*ma[u,i]/120;

```

```

z21[u,i].re:=s0[u,i];

```

```

z21[u,i].im:=0;

```

```

z22[u,i].re:=s0[u,i];

```

```

z22[u,i].im:=s1[u,i];

```

```

z23[u,i].re:=s0[u,i]+s2[u,i];

```

```

z23[u,i].im:=s1[u,i];

```

```

z24[u,i].re:=s0[u,i]+s2[u,i];

```

```

z24[u,i].im:=s1[u,i]+s3[u,i];

```

```

z25[u,i].re:=s0[u,i]+s2[u,i]+s4[u,i];

```

```

z25[u,i].im:=s1[u,i]+s3[u,i];

```

```

z26[u,i].re:=s0[u,i]+s2[u,i]+s4[u,i];

```

```

z26[u,i].im:=s1[u,i]+s3[u,i]+s5[u,i];

```

```

if (n=1)

```

```

then

```

```

begin

```

```

komp4[u,i].re:=cos(ma[u,i]);

```

```

komp4[u,i].im:=-sin(ma[u,i]);

```

```
end else
```

```
    komp4[u,i].re:=cos(ma[u,i]);
```

```
    komp4[u,i].im:=sin(ma[u,i]);
```

```
mul(z21[u,i],komp4[u,i],z31[u,i]);
```

```
mul(z22[u,i],komp4[u,i],z32[u,i]);
```

```
mul(z23[u,i],komp4[u,i],z33[u,i]);
```

```
mul(z24[u,i],komp4[u,i],z34[u,i]);
```

```
mul(z25[u,i],komp4[u,i],z35[u,i]);
```

```
mul(z26[u,i],komp4[u,i],z36[u,i]);
```

```
z41[u,i].re:=1-z31[u,i].re;
```

```
z41[u,i].im:=-z31[u,i].im;
```

```
z42[u,i].re:=1-z32[u,i].re;
```

```
z42[u,i].im:=-z32[u,i].im;
```

```
z43[u,i].re:=1-z33[u,i].re;
```

```
z43[u,i].im:=-z33[u,i].im;
```

```
z44[u,i].re:=1-z34[u,i].re;
```

```
z44[u,i].im:=-z34[u,i].im;
```

```
z45[u,i].re:=1-z35[u,i].re;
```

```
z45[u,i].im:=-z35[u,i].im;
```

```
z46[u,i].re:=1-z36[u,i].re;
```

```
z46[u,i].im:=-z36[u,i].im;
```

```
mul(z11[u,i],z41[u,i],gab1[u,i]);
```

```
mul(z12[u,i],z42[u,i],gab2[u,i]);
```

```
mul(z13[u,i],z43[u,i],gab3[u,i]);
```

```
mul(z14[u,i],z44[u,i],gab4[u,i]);
```

```
mul(z15[u,i],z45[u,i],gab5[u,i]);
```

```
mul(z16[u,i],z46[u,i],gab6[u,i]);
```

```
end;
```

```
end;
```

```
for i:=1 to n do
```

```
begin
```

```
    for u:=0 to h do
```

```
        begin
```

```
            us:=2*u/h;
```

```
            prod1[u,i].re:=gab1[u,i].re+gab2[u,i].re+gab3[u,i].re+
```

```
                gab4[u,i].re+gab5[u,i].re+gab6[u,i].re;
```

```
            prod1[u,i].im:=gab1[u,i].im+gab2[u,i].im+gab3[u,i].im+
```

```
                gab4[u,i].im+gab5[u,i].im+gab6[u,i].im;
```

```
            mul(komp1[u,i],prod1[u,i],prod2[u,i]);
```



```

    hasil[u,i].re:=kons[u,i]*prod2[u,i].re;
    hasil[u,i].im:=kons[u,i]*prod2[u,i].im;
    kompleks[u,i]:=sqr(hasil[u,i].re)+sqr(hasil[u,i].im);
    twin[u]:=1+cos(ko*s*sinh(us)*cosh(us));
    int[u,i]:=kompleks[u,i]*twin[u]*sqr(cosh(us));
  end;
end;

resis:=0;
for i:=1 to n do
  begin
    integ[i]:=0;
    for u:=0 to h do
      begin
        if (u=0) or (u=h)
        then fac:=1
        else fac:=2;
        integ[i]:=integ[i]+int[u,i]*fac;
      end;
    res[i]:=0.5*32*rho*sqr(ko)*integ[i]*2/h;
    resis:=resis+res[i];
  end;
resk[k]:=resis;
END;
END;

```

```

PROCEDURE karakter;
BEGIN
  c:=0;
  FOR K:=0 TO jk DO
  BEGIN
    c:=v+(k*dc);
    tvol:=0;
    tsur:=0;
    fresis:=0;
    for i:=1 to n do
      begin
        vol[i]:=0;
        surf[i]:=0;
        for j:=0 to 10 do
          begin
            if (i=1)
            then
              x[i,j]:=(xo[i]-a[i])+(j*a[i]/10)
            else
              x[i,j]:=(xo[i]+(j*a[i]/10));

```

```

p1:=(xo[i]-x[i,j])/a[i];
p2:=p1*p1;
p3:=p1*p2;
p4:=p2*p2;
p5:=p2*p3;
p6:=p3*p3;

```

```

rad2[i,j]:=sqr(b[i])*(1+(c1[i]*p1)+(c2[i]*p2)+
(c3[i]*p3)+(c4[i]*p4)+(c5[i]*p5)+
(c6[i]*p6));
luas[i,j]:=pi*rad2[i,j];write (rad2[i,j]);
rad[i,j]:=sqrt(rad2[i,j]);
kel[i,j]:=2*pi*rad[i,j];

```

```

if(j=0) or (j=10)
then
fact:=1
else
fact:=2;
vol[i]:=vol[i]+2*fact*luas[i,j];
surf[i]:=surf[i]+2*fact*kel[i,j];
end;

```

```

volume[i]:=0.5*vol[i]*a[i]/10;
surface[i]:=0.5*surf[i]*a[i]/10;
tvoll:=tvoll+volume[i];
tsur:=tsur+surface[i];
vis:=0.000001;
Rn:=c*loa/vis;
Cf:=0.075/sqr((LN(Rn)/LN(10))-2);
fres[i]:=0.5*1.1*rho*Cf*c*c*surface[i];
fresis:=fresis+fres[i];
end;
fresk[k]:=fresis;
totk[k]:=fresk[k]+resk[k];
bag[k]:=totk[k]/(0.5*rho*sqr(c)*tsur);
bvol[k]:=totk[k]/(rho*g*tvoll);
END;
END;

```

PROCEDURE cetak;

BEGIN

```

write('Nama file yang akan disimpan dalam disket : ');
readln>Nama_file);
assign(Rekaman,nama_file);

```

```

clrscr;
ab[i]:=a[i]/b[i];
gotoxy(10,1); writeln('Bentuk ujung      =',' ',form );
gotoxy(10,2); writeln('Panjang bag ujung  =','a[i]:6:3,' m');
gotoxy(10,3); writeln('Diameter hull   =','dia[i]:6:4,' m');
gotoxy(10,4); writeln('Sarat          =','f:6:4,' m');
gotoxy(10,5); writeln('Jarak antar hull  =','s:6:4,' m');
gotoxy(10,6); writeln('Volume disp hull  =','tvol:10:6,' m^3');
gotoxy(10,7); writeln('W S A hull       =','tsur:10:6,' m^2');
gotoxy(10,8); writeln('Panjang/jari-jari =','ab[i]:6:3);
gotoxy(10,10);
writeln('-----');
gotoxy(10,11);
writeln('Kec (m/s)', ' W Res',' F Res',' T Res',' R/0.5pv^2',
      ' R/disp');
gotoxy(10,12);
writeln('-----');
c:=v;
for k:=0 to jk do
begin
ki:=k+1;
c:=v+k*dc;
writeln('      ',c:4:3,' ',resk[k]:10:5,' ',
fresk[k]:8:5,' ',totk[k]:8:4,' ',bag[k]:8:4,' ',bvol[k]:8:4 );
end;
writeln('      -----');

repeat until keypressed;

END;

{ S T R U T }

PROCEDURE input_data_strut;
BEGIN
write('panjang tot strut = ');read(loas);
write('kecepatan = ');read(v);
write('jarak twin hull = ');read(s);
write('tinggi strut yang terbenam = ');read(z0);
write('tambahan kecepatan = ');read(dc);
write('jumlah kecepatan = ');read(jk);
n:=1;
for i:=1 to n do
begin

```



```

writeln('bentuk: ');
writeln('1.parabola 2.elips 3.garis lurus');
writeln('(pilih nomor yang dikehendaki)');read(nomor[i]);
writeln('panjang pot ujung strut = ');read(l[i]);
writeln('tebal maksimum strut = ');read(t[i]);
end;
if nomor[i]=1 then form:='parabola';
if nomor[i]=2 then form:='elips';

END;

PROCEDURE hitung_strut;
BEGIN

FOR K:=0 TO JK DO
BEGIN
c:=v+k*dc;
rho:=1000;
g:=9.81;
ko:=g/(c*c);
h:=10;

if (nomor[i]=1) then
begin
for u:=0 to h do
begin
us:=2*u/h;
m[u]:=ko*cosh(us);
komps1[i,u].re:=0;
komps1[i,u].im:=(2*sin(m[u]*l[i]/2))/sqr(m[u]*l[i])-
(cos(m[u]*l[i]/2))/(m[u]*l[i]);
konss1[i,u]:=2*t[i]*ko*c/(pi*m[u]*m[u]);

konss2[i,u]:=1-exp(-m[u]*m[u]*zo/ko);
konss3[i,u]:=konss1[i,u]*konss2[i,u];
hasil[i,u].im:=konss3[i,u]*komps1[i,u].im;
hasil[i,u].re:=konss3[i,u]*komps1[i,u].re;
kompleks[i,u]:=sqr(hasil[i,u].re)+sqr(hasil[i,u].im);
end;
end else

if (nomor[i]=2) then
begin
for u:=0 to h do
begin
us:=2*u/h;
m[u]:=ko*cosh(us);

```

```

konss1[i,u]:=c*t[i]*ko/(4*pi*m[u]*m[u]*l[i]);
konss2[i,u]:=1-exp(-zo*sqr(m[u])/ko);
konss3[i,u]:=konss1[i,u]*konss2[i,u];
kasil.re:=0;
kasil.im:=0;
for j:=1 to 19 do
begin
y[j]:=-l[i]+j*l[i]/10;
elm[j].re:=-sqr(sqr(l[i])-sqr(y[j]))*sin(m[u]*y[j])/m[u];
elm[j].im:=-sqr(sqr(l[i])-sqr(y[j]))*(-cos(m[u]*y[j])/m[u];
if (j=1) or (j=19)
then fac:=1
else fac:=2;
kasil.re:=kasil.re+elm[j].re*fac;
kasil.im:=kasil.im+elm[j].im*fac;
end;
komps1[i,u].re:=0.5*kasil.re*l[i]/18;
komps1[i,u].im:=0.5*kasil.im*l[i]/18;
hasil[i,u].re:=konss3[i,u]*(l[i]+komps1[i,u].re);
hasil[i,u].im:=konss3[i,u]*komps1[i,u].im;
komplexs[i,u]:=sqr(hasil[i,u].re)+sqr(hasil[i,u].im);
end;
end else

if (nomor[i]=3) then
komplexs[i,u]:=0;

if (nomor[i]=4) then
begin
for u:=0 to h do
begin
us:=2*u/h;
m[u]:=ko*cosh(us);
konss1[i,u]:=-2*t[i]*ko*c/(pi*sqr(l[i])*sqr(m[u]*m[u]));
konss2[i,u]:=1-exp(-sqr(m[u])*zo/ko);
konss3[i,u]:=konss1[i,u]*konss2[i,u];
komps1[i,u].re:=-1+cos(m[u]*l[i]/2)-
(m[u]*l[i]/2)*sin(m[u]*l[i]/2);
komps1[i,u].im:=sin(m[u]*l[i]/2)+
(m[u]*l[i]/2)*cos(m[u]*l[i]/2);
hasil[i,u].re:=konss3[i,u]*komps1[i,u].re;
hasil[i,u].im:=konss3[i,u]*komps1[i,u].im;
komplexs[i,u]:=sqr(hasil[i,u].re)+sqr(hasil[i,u].im);
end;
end
else

```

```

if (nomor[i]=5) then
begin
  for u:=0 to h do
  begin
    us:=2*u/h;
    m[u]:=ko*cosh(us);
    komps1[i,u].re:=0;
    komps1[i,u].im:=(2*sin(m[u]*l[i]/2))/sqr(m[u]*l[i])-
      (cos(m[u]*l[i]/2))/(m[u]*l[i]);
    konss1[i,u]:=2*t[i]*ko*c/(pi*m[u]*m[u]);

    konss2[i,u]:=1-exp(-m[u]*m[u]*zo/ko);
    konss3[i,u]:=konss1[i,u]*konss2[i,u];
    hasils[i,u].im:=konss3[i,u]*komps1[i,u].im;
    hasils[i,u].re:=konss3[i,u]*komps1[i,u].re;
    plexs[i,u]:=sqr(hasils[i,u].re)+sqr(hasils[i,u].im);
    kompleks[i,u]:=plexs[i,u]*(1+2*sqr(cos(m[u]*0.755/2)));
  end;
end;

```

```

ressis:=0;
for i:=1 to n do
begin
  integs[i]:=0;
  for u:=0 to h do
  begin
    us:=2*u/h;
    twin[u]:=1+cos(ko*s*sinh(us)*cosh(us));
    ints[i,u]:=kompleks[i,u]*twin[u]*sqr(cosh(us));
    if(u=0)or(u=h)
    then
      facs:=1
    else
      facs:=2;
    integs[i]:=integs[i]+facs*ints[i,u]*2/h;
  end;
  ressis:=ressis+32*rho*sqr(ko)*integs[i]*0.5;
end;
ress[k]:= ressis;
END;
END;

```

```

PROCEDURE karakter_strut;
BEGIN
FOR K:=0 TO JK DO
  BEGIN

```



```
c:=v+k*dc;
teta:=0;
jarak:=0;

if(nomor[i]=1) then
begin
  for j:=0 to 10 do
    xs[j]:=-l[i]/2+j*l[i]/10;
  for j:=1 to 10 do
  begin
    eta[j]:=(2*t[i]/(l[i]*l[i]))*(l[i]*l[i]/4-sqr(xs[j]-xos));
    jrk[j]:=sqr(sqr(eta[j]-eta[j-1])+sqr(xs[j]-xs[j-1]));
  end;
end else

if(nomor[i]=2) then
begin
  for j:=0 to 10 do
    xs[j]:=-l[i]+j*l[i]/10;
  for j:=1 to 10 do
  begin
    eta[j]:=(sqr(1-sqr(xs[j]/l[i])))*0.5*t[i];
    jrk[j]:=sqr(sqr(eta[j]-eta[j-1])+sqr(xs[j]-xs[j-1]));
  end;
end else

if(nomor[i]=4) then
begin
  for j:=0 to 10 do
    xs[j]:=-l[i]/2+j*l[i]/20;
  for j:=1 to 10 do
  begin
    eta[j]:=(2*t[i]/(l[i]*l[i]))*(l[i]*l[i]/4-sqr(xs[j]-xos));
    jrk[j]:=sqr(sqr(eta[j]-eta[j-1])+sqr(xs[j]-xs[j-1]));
  end;
end else

if(nomor[i]=3) then
begin
  for j:=0 to 10 do
  begin
    xs[j]:=-l[i]/2+j*l[i]/10;
    eta[j]:=t[i];
  end;
  for j:=1 to 10 do
  begin
    jrk[j]:=xs[j]-xs[j-1];
```

```

    jrk[j]:=xs[j]-xs[j-1];
end;
end;

for j:=0 to 10 do
begin
  if (j=0) or (j=10)
  then
    facss:=1
  else
    facss:=2;
  teta:=teta+eta[j]*facss;
  jarak:=jarak+jrk[j];
end;

if(nomor[i]=4) then
  wpa:=teta*l[i]/20
else
  wpa:=teta*l[i]/10;
vols:=2*wpa*zo;
surfs:=2*2*jarak*zo;
vis:=0.000001;
Rns:=c*loas/vis;
Cfs:=0.075/sqr((LN(Rns)/LN(10))-2);
fress[k]:=0.5*1.17*c*c*rho*surfs*Cfs;
tots[k]:=ress[k]+fress[k];
bags[k]:=tots[k]/(0.5*rho*SQR(c)*surfs);
bagv[k]:=tots[k]/(rho*g*vols);

END;
END;

PROCEDURE cetak_strut;
BEGIN
  clrscr;
  l2[i]:=l[i]/2;
  tp[i]:=t[i]/l[i];
  gotoxy(10,1);writeln('Bentuk      =',' ',form);
  gotoxy(10,2);writeln('Panjang strut =',l[i]:6:3,' m');
  gotoxy(10,3);writeln('Tebal maks strut =',t[i]:6:4,' m');
  gotoxy(10,8);writeln('Tebal/Panjang =',tp[i]:6:3);
  gotoxy(10,4);writeln('Sarat      =',zo:6:4,' m');
  gotoxy(10,5);writeln('Jarak strut  =',s:6:4,' m');
  gotoxy(10,6);writeln('Vol disp strut =',vols:10:6,' m^3');
  gotoxy(10,7);writeln('W S A strut  =',surfs:10:6,' m^2');
  gotoxy(10,10);

```

```

writeln('-----');
gotoxy(10,11);
writeln('Kec [m/dt] ', 'W Res ', ' F Res', ' T Res', ' R/0.5pv^2',
' R/disp');
gotoxy(10,12);
writeln('-----');
for k:=0 to jk do
begin
ki:=k+1;
c:=v+k*dc;
writeln('      ',c:4:3,' ',ress[k]:10:5,' ',fress[k]:10:5,' ',
tots[k]:10:5,' ',bags[k]:10:5,' ',bagv[k]:10:5);
end;
writeln('      -----');
END;

BEGIN
10 :writeln('pilihan');
writeln('1. menghitung tahanan hull');
writeln('2. menghitung tahanan strut');
writeln('pilih (1-2)');read(huruf);

case huruf of

1:begin
input_data;
hitung;
karakter;
cetak;
repeat until keypressed;
end;

2:begin
input_data_strut;
hitung_strut;
karakter_strut;
cetak_strut;
repeat until keypressed;
end;

end;
END.

```


Bentuk ujung = paraboloid
Panjang bag ujung = 0.200 m
Diameter hull = 0.0892 m
Sarat = 0.1338 m
Jarak antar hull = 0.5750 m
Volume disp hull = 0.001333 m³
W S A hull = 0.074541 m²
Panjang/jari-jari = 4.484

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
0.500	0.00000	0.05112	0.0511	0.0055	0.0039
0.650	0.00006	0.08152	0.0816	0.0052	0.0062
0.800	0.00175	0.11810	0.1199	0.0050	0.0092
0.950	0.01705	0.16061	0.1777	0.0053	0.0136
1.100	0.07481	0.20888	0.2837	0.0063	0.0217
1.250	0.21610	0.26278	0.4789	0.0082	0.0366
1.400	0.48946	0.32217	0.8116	0.0111	0.0621
1.550	0.95345	0.38695	1.3404	0.0150	0.1025
1.700	1.68560	0.45704	2.1426	0.0199	0.1638

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 0.155 m
Diameter hull = 0.0892 m
Sarat = 0.1338 m
Jarak antar hull = 0.5750 m
Volume disp hull = 0.001288 m³
W S A hull = 0.067423 m²
Panjang/jari-jari = 3.475

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
0.500	0.00000	0.04624	0.0462	0.0055	0.0037
0.650	0.00006	0.07374	0.0738	0.0052	0.0058
0.800	0.00188	0.10682	0.1087	0.0050	0.0086
0.950	0.01471	0.14527	0.1600	0.0053	0.0127
1.100	0.05727	0.18894	0.2462	0.0060	0.0195
1.250	0.15284	0.23769	0.3905	0.0074	0.0309
1.400	0.32349	0.29141	0.6149	0.0093	0.0487
1.550	0.58767	0.35000	0.9377	0.0116	0.0742
1.700	0.96128	0.41340	1.3747	0.0141	0.1088

Bentuk ujung =
Panjang bag ujung = 1.155 m
Diameter hull = 0.0892 m
Sarat = 0.1338 m
Jarak antar hull = 0.5750 m
Volume disp hull = 0.014435 m^3
W S A hull = 0.647331 m^2
Panjang/jari-jari = 25.897

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
0.500	0.00000	0.44390	0.4439	0.0055	0.0031
0.650	0.00000	0.70798	0.7080	0.0052	0.0050
0.800	0.00000	1.02558	1.0256	0.0050	0.0072
0.950	0.00000	1.39476	1.3948	0.0048	0.0098
1.100	0.00000	1.81399	1.8140	0.0046	0.0128
1.250	0.00000	2.28201	2.2820	0.0045	0.0161
1.400	0.00000	2.79778	2.7978	0.0044	0.0198
1.550	0.00000	3.36038	3.3604	0.0043	0.0237
1.700	0.00000	3.96903	3.9690	0.0042	0.0280

Bentuk = parabola
Panjang strut = 0.400 m
Tebal maks strut = 0.0500 m
Sarat = 0.0892 m
Jarak strut = 0.5750 m
Vol disp strut = 0.002355 m^3
W S A strut = 0.144179 m^2
Tebal/Panjang = 0.125

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
0.500	0.01131	0.11177	0.12308	0.00683	0.00533
0.650	0.05310	0.17795	0.23105	0.00759	0.01000
0.800	0.55674	0.25743	0.81417	0.01765	0.03524
0.950	1.56231	0.34973	1.91205	0.02939	0.08277
1.100	2.08971	0.45446	2.54417	0.02917	0.11013
1.250	1.67043	0.57129	2.24172	0.01990	0.09704
1.400	2.26071	0.69996	2.96067	0.02095	0.12816
1.550	1.42319	0.84025	2.26344	0.01307	0.09798
1.700	1.90224	0.99195	2.89418	0.01389	0.12528

Bentuk =
Panjang strut = 0.755 m
Tebal maks strut = 0.0500 m
Sarat = 0.0892 m
Jarak strut = 0.5750 m
Vol disp strut = 0.013469 m³
W S A strut = 0.269384 m²
Tebal/Panjang = 0.066

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
0.500	0.00000	0.20883	0.20883	0.00620	0.00158
0.650	0.00000	0.33248	0.33248	0.00584	0.00252
0.800	0.00000	0.48099	0.48099	0.00558	0.00364
0.950	0.00000	0.65344	0.65344	0.00538	0.00495
1.100	0.00000	0.84911	0.84911	0.00521	0.00643
1.250	0.00000	1.06740	1.06740	0.00507	0.00808
1.400	0.00000	1.30782	1.30782	0.00495	0.00990
1.550	0.00000	1.56993	1.56993	0.00485	0.01188
1.700	0.00000	1.85336	1.85336	0.00476	0.01403

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 3.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 2.005593 m³
W S A hull = 11.703758 m²
Panjang/jari-jari = 7.500

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00047	67.66013	67.6606	0.0029	0.0034
2.500	0.00905	101.98542	101.9945	0.0028	0.0052
3.000	0.14050	142.67488	142.8154	0.0027	0.0073
3.500	0.99908	189.56903	190.5681	0.0027	0.0097
4.000	3.68350	242.53784	246.2213	0.0026	0.0125
4.500	9.35767	301.47207	310.8297	0.0026	0.0158
5.000	18.98790	366.27784	385.2657	0.0026	0.0196
5.500	33.30169	436.87305	470.1747	0.0027	0.0239
6.000	52.83557	513.18493	566.0205	0.0027	0.0288

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m³
W S A hull = 7.802506 m²
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00130	45.10675	45.1080	0.0029	0.0034
2.500	0.09102	67.99028	68.0813	0.0028	0.0052
3.000	1.35982	95.11659	96.4764	0.0027	0.0074
3.500	7.32769	126.37935	133.7070	0.0028	0.0102
4.000	23.28242	161.69189	184.9743	0.0030	0.0141
4.500	54.58961	200.98138	255.5710	0.0032	0.0195
5.000	105.76913	244.18523	349.9544	0.0036	0.0267
5.500	180.32796	291.24870	471.5767	0.0040	0.0360
6.000	280.94603	342.12329	623.0693	0.0044	0.0475

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.500 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 1.671327 m³
W S A hull = 9.753132 m²
Panjang/jari-jari = 6.250

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00077	56.38344	56.3842	0.0029	0.0034
2.500	0.02305	84.98785	85.0109	0.0028	0.0052
3.000	0.41205	118.89573	119.3078	0.0027	0.0073
3.500	2.53955	157.97419	160.5137	0.0027	0.0098
4.000	8.63099	202.11487	210.7459	0.0027	0.0129
4.500	20.97919	251.22673	272.2059	0.0028	0.0166
5.000	41.49974	305.23153	346.7313	0.0028	0.0211
5.500	71.65884	364.06087	435.7197	0.0030	0.0266
6.000	112.55934	427.65411	540.2135	0.0031	0.0329

Bentuk ujung = elipsoide
 Panjang bag ujung = 3.500 m
 Diameter hull = 0.8000 m
 Sarat = 1.6000 m
 Jarak antar hull = 4.0000 m
 Volume disp hull = 2.339858 m³
 W S A hull = 13.654385 m²
 Panjang/jari-jari = 8.750

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00024	78.93681	78.9371	0.0029	0.0034
2.500	0.00578	118.98299	118.9888	0.0028	0.0052
3.000	0.05423	166.45403	166.5083	0.0027	0.0073
3.500	0.42594	221.16387	221.5898	0.0026	0.0097
4.000	1.72109	282.96081	284.6819	0.0026	0.0124
4.500	4.60549	351.71742	356.3229	0.0026	0.0155
5.000	9.63108	427.32414	436.9552	0.0026	0.0190
5.500	17.20589	509.68522	526.8911	0.0026	0.0230
6.000	27.62383	598.71576	626.3396	0.0025	0.0273

Bentuk ujung = elipsoide
 Panjang bag ujung = 4.000 m
 Diameter hull = 0.8000 m
 Sarat = 1.6000 m
 Jarak antar hull = 4.0000 m
 Volume disp hull = 2.674124 m³
 W S A hull = 15.605011 m²
 Panjang/jari-jari = 10.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00011	90.21350	90.2136	0.0029	0.0034
2.500	0.00439	135.98055	135.9849	0.0028	0.0052
3.000	0.02557	190.23318	190.2587	0.0027	0.0073
3.500	0.19304	252.75870	252.9517	0.0026	0.0096
4.000	0.85521	323.38379	324.2390	0.0026	0.0124
4.500	2.42694	401.96276	404.3897	0.0026	0.0154
5.000	5.25450	488.37045	493.6250	0.0025	0.0188
5.500	9.58934	582.49740	592.0867	0.0025	0.0226
6.000	15.60778	684.24658	699.8544	0.0025	0.0267

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 0.8000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m^3
W S A hull = 7.802506 m^2
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	0.09167	45.10675	45.1984	0.0029	0.0034
2.500	1.32811	67.99028	69.3184	0.0028	0.0053
3.000	9.04026	95.11659	104.1568	0.0030	0.0079
3.500	30.56759	126.37935	156.9469	0.0033	0.0120
4.000	71.95402	161.69189	233.6459	0.0037	0.0178
4.500	137.35723	200.98138	338.3386	0.0043	0.0258
5.000	229.49369	244.18523	473.6789	0.0049	0.0361
5.500	350.93849	291.24870	642.1872	0.0054	0.0490
6.000	502.66186	342.12329	844.7852	0.0060	0.0644

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m^3
W S A hull = 7.802506 m^2
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	0.01043	45.10675	45.1172	0.0029	0.0034
2.500	0.34139	67.99028	68.3317	0.0028	0.0052
3.000	3.45647	95.11659	98.5731	0.0028	0.0075
3.500	14.77986	126.37935	141.1592	0.0030	0.0108
4.000	40.44992	161.69189	202.1418	0.0032	0.0154
4.500	85.61951	200.98138	286.6009	0.0036	0.0219
5.000	154.20601	244.18523	398.3912	0.0041	0.0304
5.500	249.02763	291.24870	540.2763	0.0046	0.0412
6.000	372.26947	342.12329	714.3928	0.0051	0.0545

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 2.0000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m^3
W S A hull = 7.802506 m^2
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	0.00017	45.10675	45.1069	0.0029	0.0034
2.500	0.02471	67.99028	68.0150	0.0028	0.0052
3.000	0.54252	95.11659	95.6591	0.0027	0.0073
3.500	3.67845	126.37935	130.0578	0.0027	0.0099
4.000	13.55710	161.69189	175.2490	0.0028	0.0134
4.500	35.18288	200.98138	236.1643	0.0030	0.0180
5.000	73.29846	244.18523	317.4837	0.0033	0.0242
5.500	131.87853	291.24870	423.1272	0.0036	0.0323
6.000	214.07385	342.12329	556.1971	0.0040	0.0424

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 2.4000 m
Jarak antar hull = 4.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m^3
W S A hull = 7.802506 m^2
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	0.00002	45.10675	45.1068	0.0029	0.0034
2.500	0.00678	67.99028	67.9971	0.0028	0.0052
3.000	0.21813	95.11659	95.3347	0.0027	0.0073
3.500	1.85935	126.37935	128.2387	0.0027	0.0098
4.000	7.94546	161.69189	169.6374	0.0027	0.0129
4.500	22.81674	200.98138	223.7981	0.0028	0.0171
5.000	51.10667	244.18523	295.2919	0.0030	0.0225
5.500	97.02391	291.24870	388.2726	0.0033	0.0296
6.000	164.08445	342.12329	506.2077	0.0036	0.0386

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 3.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m^3
W S A hull = 7.802506 m^2
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	0.00144	45.10675	45.1082	0.0029	0.0034
2.500	0.10411	67.99028	68.0944	0.0028	0.0052
3.000	1.54114	95.11659	96.6577	0.0028	0.0074
3.500	8.19573	126.37935	134.5751	0.0028	0.0103
4.000	25.71711	161.69189	187.4090	0.0030	0.0143
4.500	59.65177	200.98138	260.6332	0.0033	0.0199
5.000	114.53786	244.18523	358.7231	0.0037	0.0273
5.500	193.82745	291.24870	485.0761	0.0041	0.0370
6.000	300.10631	342.12329	642.2296	0.0046	0.0490

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 3.5000 m
Volume disp hull = 1.337062 m^3
W S A hull = 7.802506 m^2
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	0.00135	45.10675	45.1081	0.0029	0.0034
2.500	0.09685	67.99028	68.0871	0.0028	0.0052
3.000	1.44356	95.11659	96.5602	0.0028	0.0074
3.500	7.73745	126.37935	134.1168	0.0028	0.0102
4.000	24.44831	161.69189	186.1402	0.0030	0.0142
4.500	57.03676	200.98138	258.0181	0.0033	0.0197
5.000	110.03601	244.18523	354.2212	0.0036	0.0270
5.500	186.92865	291.24870	478.1774	0.0041	0.0365
6.000	290.34688	342.12329	632.4702	0.0045	0.0482

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 4.5000 m
Volume disp hull = 1.337062 m³
W S A hull = 7.802506 m²
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00126	45.10675	45.1080	0.0029	0.0034
2.500	0.08653	67.99028	68.0768	0.0028	0.0052
3.000	1.29018	95.11659	96.4068	0.0027	0.0073
3.500	6.97074	126.37935	133.3501	0.0028	0.0102
4.000	22.23522	161.69189	183.9271	0.0029	0.0140
4.500	52.34938	200.98138	253.3308	0.0032	0.0198
5.000	101.80363	244.18523	345.9889	0.0035	0.0264
5.500	174.13501	291.24870	465.3837	0.0039	0.0355
6.000	272.05084	342.12329	614.1741	0.0044	0.0468

Bentuk ujung = elipsoide
Panjang bag ujung = 2.000 m
Diameter hull = 0.8000 m
Sarat = 1.6000 m
Jarak antar hull = 5.0000 m
Volume disp hull = 1.337062 m³
W S A hull = 7.802506 m²
Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00124	45.10675	45.1080	0.0029	0.0034
2.500	0.08319	67.99028	68.0735	0.0028	0.0052
3.000	1.23359	95.11659	96.3502	0.0027	0.0073
3.500	6.66503	126.37935	133.0444	0.0028	0.0101
4.000	21.31013	161.69189	183.0020	0.0029	0.0140
4.500	50.33006	200.98138	251.3114	0.0032	0.0192
5.000	98.16583	244.18523	342.3511	0.0035	0.0261
5.500	168.40226	291.24870	459.6510	0.0039	0.0350
6.000	263.73509	342.12329	605.8584	0.0043	0.0462

Bentuk ujung = elipsoide
 Panjang bag ujung = 2.000 m
 Diameter hull = 0.8000 m
 Sarat = 1.6000 m
 Jarak antar hull = 4.0000 m
 Volume disp hull = 1.337062 m³
 W S A hull = 7.802506 m²
 Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00130	45.10675	45.1080	0.0029	0.0034
2.300	0.01927	58.32092	58.3402	0.0028	0.0044
2.600	0.17637	73.07987	73.2562	0.0028	0.0056
2.900	0.87947	89.35734	90.2368	0.0028	0.0069
3.200	2.90671	107.13054	110.0372	0.0028	0.0084
3.500	7.32769	126.37935	133.7070	0.0028	0.0102
3.800	15.34456	147.08583	162.4304	0.0029	0.0124
4.100	28.15663	169.23377	197.3904	0.0030	0.0150
4.400	46.86844	192.80846	239.6769	0.0032	0.0188
4.700	72.45822	217.79642	290.2546	0.0034	0.0221

Bentuk ujung = paraboloid
 Panjang bag ujung = 2.000 m
 Diameter hull = 0.8000 m
 Sarat = 1.6000 m
 Jarak antar hull = 4.0000 m
 Volume disp hull = 1.072324 m³
 W S A hull = 6.685309 m²
 Panjang/jari-jari = 5.000

Kec (m/s)	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	0.00510	38.64817	38.6533	0.0029	0.0037
2.300	0.07598	49.97028	50.0463	0.0028	0.0048
2.600	0.70075	62.61598	63.3167	0.0028	0.0060
2.900	3.52041	76.56277	80.0832	0.0028	0.0076
3.200	11.73656	91.79112	103.5277	0.0030	0.0098
3.500	29.90465	108.28381	138.1885	0.0034	0.0131
3.800	63.45333	126.02544	189.4788	0.0039	0.0180
4.100	118.32882	145.00215	263.3310	0.0047	0.0250
4.400	200.84053	165.20131	366.0418	0.0057	0.0348
4.700	317.77812	186.61139	504.3895	0.0068	0.0479

Bentuk = parabola
 Panjang strut = 4.000 m
 Tebal maks strut = 0.6000 m
 Sarat = 1.2000 m
 Jarak strut = 4.0000 m
 Vol disp strut = 3.801600 m³
 W S A strut = 19.481472 m²
 Tebal/Panjang = 0.150

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	191.60572	142.21951	333.82522	0.00857	0.00895
2.500	890.60678	213.68740	1104.29418	0.01814	0.02961
3.000	2851.88724	298.19063	3150.07787	0.03593	0.08447
3.500	3800.81466	395.37920	4196.19386	0.03517	0.11252
4.000	3688.76689	504.96850	4193.73540	0.02691	0.11245
4.500	3999.43433	626.71986	4626.15418	0.02345	0.12405
5.000	2938.10655	760.42852	3698.53507	0.01519	0.09917
5.500	3133.14568	905.91572	4039.06140	0.01371	0.10830
6.000	2069.90157	1063.02323	3132.92480	0.00893	0.08401

Bentuk = parabola
 Panjang strut = 5.000 m
 Tebal maks strut = 0.6000 m
 Sarat = 1.2000 m
 Jarak strut = 4.0000 m
 Vol disp strut = 4.752000 m³
 W S A strut = 24.226208 m²
 Tebal/Panjang = 0.120

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	169.49988	170.06798	339.56787	0.00701	0.00728
2.500	263.69713	255.72234	519.41946	0.00686	0.01114
3.000	1854.36843	357.06003	2211.42846	0.02028	0.04744
3.500	3394.15541	473.66648	3867.82189	0.02607	0.08297
4.000	3965.35190	605.20435	4570.55624	0.02358	0.09804
4.500	4164.53031	751.39063	4915.92094	0.02004	0.10545
5.000	3566.71631	911.98245	4478.69876	0.01479	0.09607
5.500	3708.32935	1086.76767	4795.09702	0.01309	0.10286
6.000	2756.29029	1275.55846	4031.84875	0.00925	0.08649

Bentuk = parabola
Panjang strut = 6.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 4.0000 m
Vol disp strut = 5.702400 m³
W S A strut = 28.988981 m²
Tebal/Panjang = 0.100

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	58.76373	197.20715	255.97088	0.00441	0.00458
2.500	205.04325	296.70595	501.74920	0.00554	0.00897
3.000	961.34327	414.47860	1375.82187	0.01055	0.02459
3.500	2754.69509	550.04806	3304.74316	0.01861	0.05908
4.000	3749.91873	703.02604	4452.94477	0.01920	0.07960
4.500	4092.31263	873.08661	4965.39924	0.01692	0.08876
5.000	3907.51660	1059.95000	4967.46660	0.01371	0.08880
5.500	3952.70761	1263.37178	5216.07940	0.01190	0.09324
6.000	3293.35185	1483.13546	4776.48732	0.00915	0.08539

Bentuk = parabola
Panjang strut = 8.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 4.0000 m
Vol disp strut = 7.603200 m³
W S A strut = 38.542094 m²
Tebal/Panjang = 0.075

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	55.52099	249.75709	305.27808	0.00396	0.00409
2.500	227.37393	376.10744	603.48137	0.00501	0.00809
3.000	187.21875	525.77059	712.98934	0.00411	0.00956
3.500	1176.16366	698.14972	1874.31338	0.00794	0.02513
4.000	2693.20750	892.75873	3585.96623	0.01163	0.04808
4.500	3701.90578	1109.18936	4811.09514	0.01233	0.06450
5.000	3963.77225	1347.09099	5310.86323	0.01102	0.07120
5.500	3952.12522	1606.15715	5558.28237	0.00953	0.07452
6.000	3817.98935	1886.11631	5704.10566	0.00822	0.07648

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 0.4000 m
Jarak strut = 4.0000 m
Vol disp strut = 2.217600 m³
W S A strut = 11.254077 m²
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	41.27895	74.58059	115.85954	0.00515	0.00533
2.500	104.40127	112.26413	216.66540	0.00616	0.00996
3.000	134.28215	156.88593	291.16808	0.00575	0.01338
3.500	446.43152	208.26676	654.69828	0.00950	0.03009
4.000	644.92538	266.26069	911.18606	0.01012	0.04188
4.500	800.57485	330.74517	1131.32002	0.00993	0.05200
5.000	817.51814	401.61500	1219.13313	0.00867	0.05604
5.500	899.01748	478.77822	1377.79570	0.00809	0.06333
6.000	811.14909	562.15340	1373.30249	0.00678	0.06313

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 0.8000 m
Jarak strut = 4.0000 m
Vol disp strut = 4.435200 m³
W S A strut = 22.508154 m²
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	66.61061	149.16119	215.77180	0.00479	0.00496
2.500	210.05030	224.52826	434.57856	0.00618	0.00999
3.000	279.90254	313.77186	593.67440	0.00586	0.01364
3.500	1193.39974	416.53353	1609.93326	0.01168	0.03700
4.000	1902.90312	532.52137	2435.42450	0.01353	0.05597
4.500	2295.61533	661.49034	2957.10567	0.01298	0.06796
5.000	2348.97123	803.22999	3152.20122	0.01120	0.07245
5.500	2412.42551	957.55645	3369.98196	0.00990	0.07745
6.000	2204.31161	1124.30680	3328.61841	0.00822	0.07650

Bentuk = parabola
 Panjang strut = 7.000 m
 Tebal maks strut = 0.6000 m
 Sarat = 1.6000 m
 Jarak strut = 4.0000 m
 Vol disp strut = 8.870400 m³
 W S A strut = 45.016308 m²
 Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	79.44712	298.32237	377.76949	0.00420	0.00434
2.500	310.18949	449.05652	759.24601	0.00540	0.00873
3.000	451.49004	627.54372	1079.03376	0.00533	0.01240
3.500	2560.53002	833.06705	3393.59707	0.01231	0.03900
4.000	4525.35662	1065.04275	5590.39936	0.01552	0.06424
4.500	5509.05987	1322.98068	6832.04055	0.01499	0.07851
5.000	5636.94229	1606.45998	7243.40227	0.01287	0.08324
5.500	5514.98564	1915.11289	7430.09854	0.01091	0.08539
6.000	5026.00630	2248.61360	7274.61990	0.00898	0.08360

Bentuk = parabola
 Panjang strut = 7.000 m
 Tebal maks strut = 0.6000 m
 Sarat = 2.0000 m
 Jarak strut = 4.0000 m
 Vol disp strut = 11.088000 m³
 W S A strut = 56.270385 m²
 Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	80.62107	372.90296	453.52404	0.00403	0.00417
2.500	329.12071	561.32065	890.44136	0.00506	0.00819
3.000	496.58002	784.42965	1281.00967	0.00506	0.01178
3.500	3063.29065	1041.33382	4104.62447	0.01191	0.03774
4.000	5617.02866	1331.30343	6948.33209	0.01544	0.06388
4.500	6936.83077	1653.72585	8590.55662	0.01508	0.07898
5.000	7143.97804	2008.07498	9152.05302	0.01301	0.08414
5.500	6951.02177	2393.89112	9344.91289	0.01098	0.08591
6.000	6331.57069	2810.76700	9142.33769	0.00903	0.08405

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 3.0000 m
Vol disp strut = 6.652800 m^3
W S A strut = 33.762231 m^2
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	73.51995	223.74178	297.26173	0.00440	0.00455
2.500	281.92654	336.79239	618.71893	0.00586	0.00948
3.000	401.93703	470.65779	872.59482	0.00574	0.01337
3.500	2157.23467	624.80029	2782.03496	0.01345	0.04263
4.000	3696.16576	798.78206	4494.94782	0.01664	0.06887
4.500	4284.66935	992.23551	5276.90486	0.01544	0.08085
5.000	4262.88744	1204.84499	5467.73242	0.01296	0.08378
5.500	4062.60299	1436.33467	5498.93766	0.01077	0.08426
6.000	3848.45385	1686.46020	5534.91405	0.00911	0.08481

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 3.5000 m
Vol disp strut = 6.652800 m^3
W S A strut = 33.762231 m^2
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	64.98670	223.74178	288.72848	0.00428	0.00442
2.500	245.55230	336.79239	582.34469	0.00552	0.00892
3.000	393.72464	470.65779	864.38243	0.00569	0.01324
3.500	2070.32010	624.80029	2695.12039	0.01303	0.04130
4.000	3517.65121	798.78206	4316.43327	0.01598	0.06614
4.500	4036.56848	992.23551	5028.80399	0.01471	0.07705
5.000	4114.59219	1204.84499	5319.43717	0.01260	0.08151
5.500	4012.15371	1436.33467	5448.48838	0.01067	0.08348
6.000	3693.21877	1686.46020	5379.67897	0.00885	0.08243

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 3.0000 m
Vol disp strut = 6.652800 m^3
W S A strut = 33.762231 m^2
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	73.51995	223.74178	297.26173	0.00440	0.00455
2.500	281.92654	336.79239	618.71893	0.00586	0.00948
3.000	401.93703	470.65779	872.59482	0.00574	0.01337
3.500	2157.23467	624.80029	2782.03496	0.01345	0.04263
4.000	3696.16576	798.78206	4494.94782	0.01664	0.06887
4.500	4284.66935	992.23551	5276.90486	0.01544	0.08085
5.000	4262.88744	1204.84499	5467.73242	0.01296	0.08378
5.500	4062.60299	1436.33467	5498.93766	0.01077	0.08426
6.000	3848.45385	1686.46020	5534.91405	0.00911	0.08481

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 3.5000 m
Vol disp strut = 6.652800 m^3
W S A strut = 33.762231 m^2
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	64.98670	223.74178	288.72848	0.00428	0.00442
2.500	245.55230	336.79239	582.34469	0.00552	0.00892
3.000	393.72464	470.65779	864.38243	0.00569	0.01324
3.500	2070.32010	624.80029	2695.12039	0.01303	0.04130
4.000	3517.65121	798.78206	4316.43327	0.01598	0.06614
4.500	4036.56848	992.23551	5028.80399	0.01471	0.07705
5.000	4114.59219	1204.84499	5319.43717	0.01260	0.08151
5.500	4012.15371	1436.33467	5448.48838	0.01067	0.08348
6.000	3693.21877	1686.46020	5379.67897	0.00885	0.08243

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 4.0000 m
Vol disp strut = 6.652800 m³
W S A strut = 33.762231 m²
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	76.09658	223.74178	299.83835	0.00444	0.00459
2.500	274.57754	336.79239	611.36993	0.00579	0.00937
3.000	382.75181	470.65779	853.40960	0.00562	0.01308
3.500	1930.26592	624.80029	2555.06621	0.01236	0.03915
4.000	3263.50188	798.78206	4062.28394	0.01504	0.06224
4.500	3934.06449	992.23551	4926.30000	0.01441	0.07548
5.000	4015.92455	1204.84499	5220.76954	0.01237	0.07999
5.500	3989.50105	1436.33467	5425.83572	0.01063	0.08314
6.000	3643.50856	1686.46020	5329.96876	0.00877	0.08167

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 4.5000 m
Vol disp strut = 6.652800 m³
W S A strut = 33.762231 m²
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	82.59228	223.74178	306.33406	0.00454	0.00469
2.500	291.94389	336.79239	628.73628	0.00596	0.00963
3.000	333.26238	470.65779	803.92017	0.00529	0.01232
3.500	1751.95602	624.80029	2376.75631	0.01149	0.03642
4.000	3204.80105	798.78206	4003.58311	0.01482	0.06134
4.500	3834.06088	992.23551	4826.29639	0.01412	0.07395
5.000	4025.32272	1204.84499	5230.16771	0.01239	0.08014
5.500	3842.96524	1436.33467	5279.29991	0.01034	0.08089
6.000	3825.69906	1686.46020	5512.15926	0.00907	0.08446

Bentuk = parabola
 Panjang strut = 7.000 m
 Tebal maks strut = 0.6000 m
 Sarat = 1.2000 m
 Jarak strut = 4.0000 m
 Vol disp strut = 6.652800 m³
 W S A strut = 33.762231 m²
 Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	76.09658	223.74178	299.83835	0.00444	0.00459
2.300	142.60032	289.03992	431.64025	0.00483	0.00661
2.600	227.11323	361.91925	589.03249	0.00516	0.00903
2.900	231.53378	442.24701	673.78079	0.00475	0.01032
3.200	863.28825	529.90790	1393.19615	0.00806	0.02135
3.500	1930.26592	624.80029	2555.06621	0.01236	0.03915
3.800	2829.58597	726.83349	3556.41946	0.01459	0.05449
4.100	3478.80012	835.92577	4314.72589	0.01520	0.06611
4.400	3878.78870	952.00287	4830.79158	0.01478	0.07402
4.700	4034.58410	1074.99681	5109.58091	0.01370	0.07829

Bentuk = elips
 Panjang strut = 7.000 m
 Tebal maks strut = 0.6000 m
 Sarat = 1.2000 m
 Jarak strut = 4.0000 m
 Vol disp strut = 7.823386 m³
 W S A strut = 33.885567 m²
 Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv ²	R/disp
2.000	852.58884	223.16745	1075.75629	0.01597	0.01402
2.300	1071.56172	288.29798	1359.85970	0.01527	0.01772
2.600	1078.51853	360.99024	1439.50877	0.01265	0.01876
2.900	1525.91968	441.11180	1967.03148	0.01389	0.02563
3.200	1453.25138	528.54768	1981.79905	0.01149	0.02582
3.500	2508.74830	623.19648	3131.94479	0.01518	0.04081
3.800	2868.34229	724.96777	3593.31006	0.01478	0.04682
4.100	2083.59460	833.78003	2917.37462	0.01031	0.03801
4.400	2918.53489	949.55917	3868.09406	0.01187	0.05040
4.700	7747.32886	1072.23739	8819.56625	0.02371	0.11492

Bentuk = parabola
Panjang strut = 7.000 m
Tebal maks strut = 0.6000 m
Sarat = 1.2000 m
Jarak strut = 5.0000 m
Vol disp strut = 6.652800 m^3
W S A strut = 33.762231 m^2
Tebal/Panjang = 0.086

Kec [m/dt]	W Res	F Res	T Res	R/0.5pv^2	R/disp
2.000	76.54748	223.74178	300.28926	0.00445	0.00460
2.500	279.83641	336.79239	616.62880	0.00584	0.00945
3.000	286.08055	470.65779	756.73834	0.00498	0.01160
3.500	1709.58762	624.80029	2334.38791	0.01129	0.03577
4.000	3139.65718	798.78206	3938.43924	0.01458	0.06035
4.500	3759.82428	992.23551	4752.05979	0.01390	0.07281
5.000	3996.75394	1204.84499	5201.59893	0.01233	0.07970
5.500	3722.34135	1436.33467	5158.67602	0.01010	0.07904
6.000	3894.61250	1686.46020	5581.07270	0.00918	0.08552

DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

a mahasiswa : Moh. Nurul Misbah
o. : 4914100408
s diberikan : Semester Gasal 1995. / 19 96.
gal mulai tugas : 21 September 1995
gal selesai tugas : 01 Maret 1996
n Pembimbing : 1. DR. Ir. Eko Budi Dj. M.Sc
2. Digul Siswanto, M.Sc

tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
6/95	Selesai soal soal PROKON Chapman	
95	- Cari referensi mengenai pemecahan numerik	
2/95	- Konsultasi tak. selombang SWATH.	
2/95	- Selesaikan masalah integrasi $x \sim x + a$ - Buat grafik rumus bentuk	
96	Bab I - <u>IV</u>	
96	Bab <u>V</u> - <u>VI</u>	
96	Bab VII - Selesai	
96	Acc	

